



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ciencias Biológicas

Unidad de Posgrado

**Variación temporal de la estructura comunitaria de la  
infauna macrobentónica en los bancos del cangrejo  
*Ucides occidentalis* (Ortman, 1987), en los manglares  
del río Zarumilla, Tumbes, Perú**

**TESIS**

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ecosistemas y  
Recursos Acuáticos con mención en Ecosistemas Acuáticos

**AUTOR**

Orlando ADVÍNCULA ZEBALLOS

**ASESOR**

César A. CÓRDOVA CASTAÑEDA

Lima, Perú

2017



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Advíncula, O. (2017). *Variación temporal de la estructura comunitaria de la infauna macrobentónica en los bancos del cangrejo *Ucides occidentalis* (Ortman, 1987), en los manglares del río Zarumilla, Tumbes, Perú*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

2/2



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

W. H.

VICEDECANATO DE INVESTIGACION Y POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO

Exped. Nº 135-UPG-FCB-2016

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR AL GRADO ACADEMICO DE  
MAGÍSTER EN ECOSISTEMAS Y RECURSOS ACUÁTICOS

Siendo las...10:05... horas del día ...6.02.2017...en el Salón de Grados de la Facultad de Ciencias Biológicas, el Jurado Examinador presidido por:

Dra. Ana Asunción Huamantínco Araujo	e integrado por
Dra. Diana Fernanda Silva Dávila	(Miembro)
Dr. Mauro Gilber Mariano Astocondor	(Miembro)
Mg. Guillermo Odilón Álvarez Bejar	(Miembro)
Mg. César Augusto Córdova Castañeda	(Asesor)

Se reunió para la sustentación oral y pública de la Tesis para optar al Grado Académico de Magíster en Ecosistemas y Recursos Acuáticos con mención en Ecosistemas Acuáticos, que solicitara el Bachiller Don ORLANDO ADVINCULA ZEBALLOS.

Después de darse lectura al Expediente Nº 135-UPG-FCB-16, en el que consta haberse cumplido con todas las disposiciones reglamentarias, los señores miembros del Jurado, recepcionaron la exposición de la Tesis Titulada:

**"Variación temporal de la estructura comunitaria de la infauna macrobentónica en los bancos del cangrejo *Ucides occidentalis* (Ortman, 1987), en los Manglares del Río Zarumilla, Tumbes, Perú"**

y formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por el graduando.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



VICEDECANATO DE INVESTIGACION Y POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO

Acto seguido el Jurado procedió a la votación la que dio como resultado el calificativo de: Muy Bueno con la nota de 17

A continuación la Presidente del Jurado Examinador recomienda que la Facultad proponga que la Universidad le otorgue el grado académico de Magíster en Ecosistemas y Recursos Acuáticos con mención en Ecosistemas Acuáticos al Bachiller Orlando Advíncula Zeballos

Siendo las 11:13 se levantó la Sesión, recibiendo el graduando las felicitaciones de los señores miembros del Jurado y público asistente.

Se extiende la presente Acta en Lima, a los 6 días del mes de febrero del año 2017.

Dra. Ana A. Huamantínco Araujo  
Profesora Asociado a T. C.  
PRESIDENTE

Mg. César A. Córdova Castañeda  
Profesor Principal a T.C.  
ASESOR

Dra. Diana F. Silva Dávila  
Profesora Auxiliar a T. C.  
MIEMBRO

Dr. Mauro G. Mariano Astocondor  
Profesor Principal a D.E.  
MIEMBRO

Mg. Guillermo O. Álvarez Béjar  
Profesor Asociado a T.P.  
MIEMBRO

***Dedicatoria:***

***A mis queridos padres Aureo Román Advíncula Rivera y María Justina Zeballos Oblitas, por su ejemplar vida y su continuo apoyo durante toda mi vida. Su apoyo ha sido muy importante. Muchas gracias!***

***A mis hermanos: Wilfredo, Mario y Antonio, por su amistad y apoyo incondicional durante toda mi vida***

***Al Dr Juan Tarazona Barboza, que en paz descanse, por su guía durante la ejecución de la presente tesis. Su análisis y su gran experiencia fueron un gran aporte al trabajo realizado en esta tesis.***

***A los colegas del Laboratorio de Ecología Marina: Carlos, Rossana y Junior por su compañerismo y apoyo en la tesis.***

***A Pania Tanit por el gran apoyo emocional.***

***Para todos aquellos que luchan por sus sueños e ideales.***

## **AGRADECIMIENTOS**

*Quiero agradecer al Dr. Juan Leonidas Tarazona Barboza (QEPD) por su dedicación y apoyo durante la realización de la presente tesis. Su perseverancia y su espíritu crítico fueron muy importantes para el desarrollo de este trabajo.*

*Al proyecto de Cambio Climático en el Ecosistema del Manglar de Tumbes, dirigido por el Dr. Ken Takahashi Guevara, miembro del Instituto Geofísico del Perú (IGP), por la subvención del presente trabajo de investigación.*

*A los miembros del Laboratorio de Ecología Acuática de la UNMSM: Carlos Gutiérrez Rojas y Rossana Cinthia Cabanillas Núñez; por su gran apoyo durante todo el proceso de muestreo, identificación de especies; además de los diversos trabajos de laboratorio. A Junior Vitor Advíncula, por su apoyo en la toma de muestras en los Manglares de Tumbes, además de sus sugerencias en la elaboración de los diversos trabajos de la tesis. Formamos un gran grupo de trabajo, y ante todo amigos.*

*A mis ayudantes de tesis: Samuel Arbaiza, Milly Valle, Valeria Lucía Suárez, Sasiy Calderón, Melissa Perez, Jair Huamanlazo, Jaime Luna por su ayuda en el tedioso trabajo de separación de muestras. Gracias por su dedicación. A Daniel Marcelo Gotuzzo en la separación preliminar de muestras. A todos ellos gracias.*

*A mis compañeros de maestría, entre ellos a Remy Canales Ortiz, Maryandrea Rosado, Liliana Cerna, formamos un gran grupo de amigos, en los cursos de la maestría. Gracias por su amistad y apoyo.*

*A Pania Tanit por sus recomendaciones y su permanente apoyo emocional.*

*A los profesores de los cursos de Tesis de la Maestría: Mariano Mauro y Ana Huamantínco por sus observaciones y sugerencias en el desarrollo de la tesis. Al profesor Carlos Paredes por su apoyo y dedicación en la realización de la tesis. A la profesora Diana Silva, por sus observaciones y recomendaciones en esta tesis. Igualmente al profesor Cesar Córdova por las sugerencias.*

## INDICE

I. INTRODUCCION .....	1
II. ANTECEDENTES .....	5
II.1 Infauna macrobentónica en los manglares.....	5
II.2 Zonación de la comunidad macrobentónica.....	6
II.3 Relación entre la estructura comunitaria y los factores ambientales.....	7
II.4 Estacionalidad en los Manglares.....	8
II.5 Los manglares en el Perú .....	9
III. HIPOTESIS Y OBJETIVOS .....	11
III.1 Hipótesis de Investigación.....	11
III.2. Objetivo general .....	11
III. 2.1 Objetivos específicos .....	11
IV. MATERIALES Y METODOS .....	11
IV.1. Área de estudio.....	11
IV.2. Parámetros fisicoquímicos y sedimentos.....	15
IV.3. Método de Muestreo de la comunidad de la infauna macrobentónica .....	15
IV.4 Análisis de Muestras.....	16
IV.5. Grupos tróficos .....	17
IV.6. Estacionalidad en los manglares .....	18
IV.7. Análisis de los datos .....	18
IV.7.1. Parámetros Fisico-químicos .....	18
IV.7.2. Estructura macrobentónica .....	18
IV.7.3. Zonación de la infauna macrobentónica.....	19
IV.7.4. Cambios de la estructura comunitaria .....	19
V. RESULTADOS .....	21
V.1. Variación Parámetros Abióticos.....	21
V.1.1. Fisico-químicos .....	21
V.1.1. Estación La Envidia.....	21
V.1.2. Estación Corral de los Coches.....	22
V.1.2. Sedimentos.....	24
V.2 Biodiversidad de Macrobentos en el SNLMT .....	25



V.2.1. Especies de la infauna macrobentónica en todo el período de evaluación.....	25
V.2.2. Densidades de los invertebrados macrobentónicos en el biotopo del cangrejo del manglar. ....	25
V.2.2.1. Phylum Annelida .....	25
V.2.2.2. Phylum Arthropoda .....	26
V.2.2.3 Phylum Mollusca .....	27
V.2.2.4. Phylum Nemertea .....	28
V.2.2.5. Otros.....	28
V.2.3. Grupos Tróficos en todo el período de evaluación .....	29
V.2.3.1. Alimentadores de depósitos superficiales .....	29
V.2.3.2. Alimentadores de depósitos subsuperficiales .....	30
V.2.3.3. Carnívoros.....	31
V.2.3.5. Omnívoros .....	32
V.2.3.6. Detritívoros.....	32
V2.4. Diversidad .....	33
V.2.4.1. Dominancia .....	33
V.2.4.1.1 Corral de Coches.....	33
V.2.4.1.2. La Envidia.....	34
V.2.4.2 Análisis de Diversidad.....	35
V.2.4.2 .1 Corral de Coches.....	35
V.2.4.2 .2. La Envidia.....	36
V.2.4.2 .3 Análisis de la diversidad en el biotopo del cangrejo del manglar .....	36
V.3 Zonación de la comunidad del macrobentos intermareal .....	37
V.4. Cambios de la estructura comunitaria del macrobentos a lo largo del ciclo anual y su relación con las fluctuaciones de los parámetros ambientales .....	39
V.4.1. Abundancia.....	39
V.4.1.1 Corral de Coches.....	39
V.4.1.2 La Envidia .....	40
V.4.1.3 Comparación de las densidades de los macroinvertebrados bentónicos en el biotopo del cangrejo del manglar.....	41
V.4.1.4 Variación de la Biomasa .....	41

V.4.2 Variación temporal para las especies permanentes y dominantes para el biotopo del cangrejo del manglar en el SNLMT .....	41
V.4.2.1. <i>Mediomastus</i> sp.....	42
V.4.2.2. <i>Heteromastus filiformis</i> .....	43
V.4.2.3. <i>Perinereis nuntia</i> .....	44
V.4.2.4. <i>Prionospio multibranchiata</i> .....	45
V.4.2.5 <i>Notomastus hemipodus</i> .....	46
V.4.3. Análisis del biotopo de <i>Ucides occidentalis</i> .....	47
V.4.3.1. Corral de Coches .....	47
V.4.3.1.1. NMDS .....	48
V.4.3.1.2. PRUEBA PERMANOVA -SIMPER .....	48
V.4.3.1.3. Correspondencia Canónica.....	49
V.4.3.2. La Envidia .....	49
V.4.3.2.1. NMDS .....	49
V.4.3.2.2. PRUEBA PERMANOVA .....	50
V.4.3.2.3. Correspondencia Canónica.....	50
VI. DISCUSIÓN .....	51
A) Evaluación de la biodiversidad en la comunidad de macrobentos del intermareal en el biotopo del cangrejo del manglar.....	51
B) Patrón de zonación de la comunidad del macrobentos en la zona intermareal en el biotopo del cangrejo del manglar.....	54
c) Variación de la estructura comunitaria del macrobentos del intermareal a lo largo del ciclo anual .....	55
VII. CONCLUSIONES.....	59
VIII. RECOMENDACIONES.....	60
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	61
X. ANEXOS .....	70

## Lista de Tablas

Tabla 1. Definición de los grupos tróficos .....	17
Tabla 2. Resultados Físico-Químicos para la Envidia .....	21
Tabla 3. Resultados Físico-Químicos para Corral de Coches .....	23
Tabla 4. Densidades de la Clase Insecta en el SNLMT. ....	26
Tabla 5. Densidades para Crustacea en el SNLMT. ....	27
Tabla 6. Densidades para Bivalvia y Gastropoda en el SNLMT. ....	27
Tabla 7. Densidades para Nemertea. ....	28
Tabla 8. Dominancia de las especies en el período evaluado en Corral de Coches.....	33
Tabla 9. Dominancia de las especies en el período evaluado en La Envidia .....	34
Tabla 10. Promedios mensuales de los Índices de diversidad para la estación Corral de Coches. ....	35
Tabla 11. Promedios mensuales de los Índices de diversidad para la estación La Envidia .....	36
Tabla 12. Las especies por cada nivel en las dos estaciones de muestreo.....	37
Tabla 13. Frecuencia (%) de las especies perennes en el biotopo del cangrejo del manglar .....	39
Tabla 14. Valores del total de Individuos (N) y la varianza (Deviance) .....	47

## Lista Figuras

Figura 1. Mapa de la zona de estudio. Las estaciones de muestreo: Corral de Coches y La Envidia, en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, .....	12
Figura 2. Esquema del Biotopo del Cangrejo del Manglar (Modificado de Cabanillas <i>et al.</i> , 2016) .....	13
Figura 3. Estación de muestreo La Envidia en el SNLMT, Noviembre del 2012-Noviembre del 2013. Fuente: IGP Proyecto "Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes".....	14
Figura 4. Estación de muestreo Corral de Coches en el SNLMT, Noviembre del 2012-Noviembre del 2013. Fuente: IGP Proyecto "Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes" .....	14
Figura 5. Diagrama de muestreo de macrobentos realizado en el Santuario Nacional los Manglares de Tumbes (S: Superior del transecto, M: Medio del transecto, I: Inferior del Transecto) y Réplica (R). Modificado de Cabanillas <i>et al.</i> , 2016.....	16
Figura 6. Variación de la Temperatura, Salinidad y Total de Sólidos Disueltos en la estación de muestreo La Envidia. ....	22
Figura 7. Variación de la Temperatura, Salinidad y Total de Sólidos Disueltos en la estación de muestreo Corral de Coches. Noviembre del 2012 –noviembre 2013.....	23
Figura 8. Granulometría en el biotopo del cangrejo del manglar.....	24
Figura 9. Abundancias en las familias de poliquetos por estación de muestreo.....	25
Figura 10. Densidad en los grupos tróficos en el biotopo del cangrejo del manglar .....	29
Figura 11. Densidad del grupo trófico alimentadores de depósitos superficiales en el biotopo del cangrejo del manglar.....	30
Figura 12. Densidad de los alimentadores de depósitos subsuperficiales en el biotopo del cangrejo del manglar .....	30
Figura 13. Densidad para carnívora en el biotopo del cangrejo del manglar .....	31
Figura 14. Abundancia para los filtradores en el biotopo del cangrejo del manglar .....	31
Figura 15. Densidad para omnívoros en el biotopo del cangrejo del manglar .....	32
Figura 16 .La abundancia de los macroinvertebrados bentónicos para la estación Corral de Coches.....	40
Figura 17. Densidad de los macroinvertebrados bentónicos para La Envidia. ....	40
Figura 18. Variación de la riqueza para <i>Mediomastus</i> sp. en el biotopo del cangrejo del manglar .....	42
Figura 19. Estimación de la variación para <i>Mediomastus</i> sp. en el biotopo del cangrejo del manglar mediante modelo lineal generalizado mixto de Poisson.....	42
Figura 20. Variación de la riqueza para <i>Heteromastus filiformis</i> en el biotopo del cangrejo del manglar .....	43
Figura 21. Estimación de la variación para <i>Heteromastus filiformis</i> en el biotopo del cangrejo del manglar mediante modelo lineal generalizado mixto de Poisson.....	43
Figura 22. Variación de la riqueza para <i>Perinereis nuntia</i> en el biotopo del cangrejo del manglar .....	44
Figura 23. Estimación de la variación para <i>Perinereis nuntia</i> en el biotopo del cangrejo del manglar mediante modelo lineal generalizado mixto de Poisson.....	44
Figura 24. Variación de la riqueza para <i>Prionospio multibranchiata</i> en el biotopo del cangrejo del manglar .....	45

Figura 25. Estimación de la variación para <i>Prionospio multibranchiata</i> en el biotopo del cangrejo del manglar mediante modelo lineal generalizado mixto de Poisson .....	45
Figura 26. Variación de la riqueza para <i>Notomastus hemipodus</i> en el biotopo del cangrejo del manglar .....	46
Figura 27. Estimación de la variación para <i>Notomastus hemipodus</i> en el biotopo del cangrejo del manglar mediante lineales mixto de Poisson .....	46
Figura 28. Análisis de NMDS para Corral de Coches.....	48
Figura 29. Análisis del NMDS para La Envidia.....	49
Figura 30. Triplot de la Correlación Canónica para la Envidia.....	50

## **Lista de Anexos**

Anexo 1. Lista de Especies .....	70
Anexo 2. Abundancia y porcentajes en las phyla en el biotopo del cangrejo del manglar	72
Anexo 3. Precipitación mensual Promedio (mm) y Temperatura. Estación el Salto .....	72
Anexo 4. Variación de la densidad de la biomasa ( $\text{g/m}^2$ ) en las dos estaciones de muestreo durante todo el período de evaluación .....	73
Anexo 5. Prueba SIMPER para Corral de Coches .....	73

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar la estructura de la infauna macrobentónica y sus cambios durante un año, así como su posible zonación, en el biotopo del cangrejo del manglar *Ucides occidentalis* en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT). Se trabajó en dos estaciones de muestreo: La Envidia y Corral de Coches, donde se tomaron 9 muestras mensuales en cada estación durante un año (noviembre del 2012 a noviembre del 2013).

La comunidad macrobentónica tuvo la mayor riqueza con Annelida (84,35%), seguida por Mollusca (6,23%), Arthropoda (4,03%), Sipúncula (0,24%) y Phoronida (0,12%). El grupo trófico dominante fue el de los alimentadores de depósito superficiales (51,1%), seguido de los omnívoros (18,06%), carnívoros (14,13%), alimentadores de depósitos subsuperficiales (8,85%), filtradores (7,37%) y detritívoros (0,49%). Las estaciones de muestreo presentaron bajos índices de diversidad de Shannon-Wiener en el período evaluado (Corral de Coches un mínimo de 0,17 y máximo de 1,17; en la Envidia un mínimo 0,07 y un máximo 1,05). La infauna macrobentónica no presentó zonación en el biotopo del cangrejo del manglar. La dominancia de especies está compartida por poliquetos *Mediomastus* sp., *Heteromastus filiformis*, *Notomastus hemipodus*, *Perinereis nuntia* y *Prionospio multibranchiata*. Estas cinco especies presentan variaciones significativas a lo largo del período evaluado (modelo lineal generalizado mixto con distribución de Poisson).

## ABSTRACT

The aim of this work was to analyze the structure of the macrobenthic infauna and its changes during a year, as well as its possible zonation, in the crab biotope of the *Ucides occidentalis* mangrove crab of Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT). It was analyzed in two sampling stations: La Envidia and Corral de Coches, where 9 samples were taken monthly at each station during one year (November 2012 to November 2013).

The macrobenthic community had the highest richness with Annelida, polychaetes (84.35%), followed by Mollusca (6.23%), Arthropoda (4.03%), Sipuncula (0.24%) and Phoronida (0,12%). The dominant trophic group were the surface feeders (51.1%), followed by omnivores (18.06%), carnivores (14.13%), subsurface deposit feeders (8.85%), filters (7,37%) and detritivores (0.49%). Sampling stations had low rates of Shannon-Wiener diversity in the evaluated period (Corral de Coches a minimum of 0.17 and a maximum of 1.17; in La Envidia a minimum of 0.07 and a maximum of 1.05). The macrobenthic infauna did not present zonation in the mangrove crab biotope. The dominance of species is shared by *Mediomastus* sp., *Heteromastus filiformis*, *Notomastus hemipodus*, *Perinereis nuntia* and *Prionospio multibranchiata*. These five species showed significant variations throughout the evaluated period (mixed generalized linear model with Poisson distribution).



## I. INTRODUCCION

Los manglares son zonas de gran interés ecológico y económico, dentro de sus funciones ecológicas está la de proteger contra la erosión y ser lugares donde se acumulan nutrientes y carbono, están considerados entre los ecosistemas más productivos del mundo; las raíces de los mangles proporcionan sustrato para que diversos organismos puedan desarrollarse (Kathiresan & Bingham, 2001; Sunil Kumar, 2002; Valle *et al.* , 2011).

En las diversas investigaciones realizadas en los manglares se ha encontrado que tienen una elevada actividad biológica, con una gran riqueza en biodiversidad para las zonas tropicales y subtropicales (Ashton *et al.*, 2003; Macintosh *et al.*, 2002). Las raíces y los neumatóforos de los mangles se extienden en el intermareal y submareal, donde se convierten en sustratos duros en un entorno donde predominan sedimentos blandos, las raíces de los mangles pueden convertirse en el hábitat de muchas especies de plantas marinas, algas, invertebrados y vertebrados (Nagelkerken *et al.*, 2008).

Los animales que se encuentran dentro de los entornos de manglar incluyen una variedad de taxones, muchos de los cuales son vulnerables o en peligro como resultado de las actividades humanas en la zona costera (Nagelkerken *et al.*, 2008). Estos ecosistemas, que están entre la tierra y el mar, están bajo condiciones de alta salinidad, mareas extremas, vientos fuertes, altas temperaturas y suelos fangosos, anaerobios (Kathiresan & Bingham, 2001; McLeod & Salm, 2006). El hecho de ser un sistema adaptado a vivir al límite del estrés fisicoquímico lo hace muy vulnerable a disturbios físicos, químicos y de origen antrópogénico (Kathiresan & Bingham, 2001; Pérez, 2014).

Los manglares también son muy importantes para los seres humanos porque allí se realizan varias actividades: acuicultura, silvicultura, como fuente de leña y material de construcción, entre otros usos para la subsistencia local (Nagelkerken *et al.*, 2008).

Los manglares poseen un gran interés económico, ya que son apropiados para la instalación de complejos portuarios y para la expansión turístico-inmobiliaria, además de la construcción de áreas de cultivo de camarones, lo cual ha llevado a fuertes impactos en los últimos años en estos ambientes (Farrapeira *et al.*, 2009). Este ecosistema es rico en crustáceos, moluscos y peces que sustentan actividades de extracción, que genera los ingresos de los pobladores (INRENA, 2007).

La destrucción de los manglares se presenta con el desarrollo de comunidades humanas asentadas en las costas, esto va relacionado con el aumento poblacional (Valle *et al.*, 2011). Las actividades involucradas con esta destrucción son: el desarrollo urbano, la tala, la acuicultura y la sobreexplotación para consumo humano de las especies encontradas en este ecosistema (Alongi, 2009).

Debido a la proximidad de los manglares a los centros poblados, han sido lugares de disposición de aguas residuales. Los efluentes industriales han contribuido a la contaminación de metales pesados en los sedimentos, también han sufrido derrames de aceite y petróleo. Estos sucesos han tenido efectos negativos significativos sobre los manglares (Kathiresan & Bingham, 2001). También sufren impactos indirectos, como cambios en la gestión del agua (Nagelkerken *et al.*, 2008).

Los altos niveles de contaminación orgánica pueden contribuir a la enfermedad, la muerte y cambios en la composición de las especies dentro del manglar. La pérdida de los neumatóforos afecta el área de superficie para la absorción de la respiración y de nutrientes. La contaminación también puede tener efectos en cascada sobre las poblaciones de invertebrados (Kathiresan & Bingham, 2001).

A nivel mundial, la pérdida de los manglares ha sido significativa en las últimas décadas (Nagelkerken *et al.*, 2008). La contaminación ambiental afecta la estructura macrobentónica, tiene efectos biológicos dando lugar a una posible reducción en la abundancia de algunas especies y un aumento en la abundancia de los taxones oportunistas (Paixão *et al.*, 2011).

Por ejemplo, el poliqueto *Capitella capitata* ha sido estudiado por tener la capacidad de reproducirse y establecerse en condiciones muy adversas ambientalmente (García, 2011). A la familia de los capitélidos, donde pertenece esta especie, se les suele considerar indicadora de contaminación por materia orgánica, esta es una especie oportunista por su rápida colonización en algunas zonas perturbadas (Fauchald, 1977; García & De León, 2011; Hernandez & Solis-Weiss, 1995). También ha sido usada como indicadora de contaminación en los manglares en el ecosistema de manglar de Jiquilisco (Rivera, 2010).

Los manglares de Tumbes son de gran importancia a nivel ecológico, económico y social; este ecosistema es único en el Perú, y es una fuente de actividades económicas extractivas de especies muy importantes como la concha negra, concha huequera y el cangrejo del manglar. Sin embargo, a pesar de su gran importancia, no han sido muy estudiados (Flores *et al.*, 2013).

Una especie importante de los manglares de Tumbes es el “cangrejo del manglar”, *Ucides occidentalis*, el cual tendría la misma función ecosistémica que el *Ucides cordatus*, que vive en los manglares del noreste de Brasil, el cual permite la transferencia de nutrientes y energía en el sedimento, producida por la descomposición de la hojarasca (Nordhaus & Wolff, 2007).

Estos cangrejos modifican las estructuras físicas, condiciones de transporte y la química del sustrato, cambian la disponibilidad de recursos para los microorganismos asociados, la fauna y las comunidades vegetales (Kristensen, 2008). A los organismos que modifican la disponibilidad de recursos por los cambios físicos del entorno se les denominan ingenieros ecosistémicos (Kristensen, 2008). Por su capacidad de crear o mantener hábitats, por ejemplo varían el entorno de diversas formas al construir madrigueras, mover sedimentos; impactar a otras especies y también a los procesos ecológicos (Gutiérrez *et al.*, 2011). Pueden afectar las reacciones bioquímicas del medio, cambiar la disponibilidad de carbono y nutrientes, incluso variar condiciones como potencial Redox y temperatura (Kristensen, 2008).

El hábitat preferido de *Ucides occidentalis*, cangrejo de los manglares, son los “claros” ubicados en zonas elevadas, denominados por los extractores “altiales”, en donde las madrigueras son cubiertas por las mareas altas al menos una vez por mes; éstas se ubican entre las raíces de mangle rojo *Rhizophora mangle* (Poma, 1996). Los cangrejos del manglar construyen sus madrigueras que en su primera sección son verticales (20 a 30 cm), y luego se sesgan para alcanzar profundidades que pueden llegar hasta los 2 metros (Tazan & Wolf, 2000).

Diversos estudios sobre los manglares de Tumbes indican que sus recursos naturales como cangrejos y conchas están siendo sobre explotados (INRENA, 2007; Malca, 2005). En el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, se sabe que desde 1995 al 2009, la densidad poblacional del *Ucides occidentalis*, ha pasado de 6,66 ind/m<sup>2</sup> a 3,73 ind/m<sup>2</sup>, una evidencia clara que ha disminuido su densidad (Cespedes & Flores, 2013).

En general, los manglares están habitados por una gran variedad de invertebrados bentónicos: cangrejos, gasterópodos, bivalvos, esponjas, tunicados, poliquetos y sipuncúlidos. Cada grupo responde a factores abióticos particulares; por ejemplo la distribución de especies de gasterópodos está influenciada por factores tales como luz, exposición de las mareas, salinidad, y tipo de sustrato (Nagelkerken *et al.*, 2008).

En el Perú, el estudio de la variación temporal en la estructura comunitaria del macrobentos de los manglares del Río Zarumilla, Tumbes, en el biotopo del Cangrejo del Manglar es totalmente desconocido. Respecto a la estacionalidad, a nivel del macrobentos la distribución de los poliquetos a lo largo del año es muy variable, las condiciones ambientales a lo largo del año podría originar esta variación de acuerdo con la tolerancia que tengan a los cambios ambientales (Hernandez & Solis-Weiss, 1995). Para la comunidad macrobentónica del biotopo de *Ucides occidentalis* se desconoce si la distribución de los poliquetos presenta variaciones alrededor del ciclo anual.

La importancia del presente trabajo radica en ser el primero que describa la estructura comunitaria macrobentónica durante un año en el biotopo del *Ucides occidentalis*, en los manglares del río Zarumilla, así como analizar su variación temporal y su posible relación con los factores ambientales.

## **II. ANTECEDENTES**

### **II.1 Infauna macrobentónica en los manglares**

La infauna macrobentónica está compuesta por invertebrados que habitan en el sedimento, se incluyen: cangrejos, poliquetos y sipuncúlidos (Nagelkerken *et al.*, 2008). Es típico en un biotopo de manglar que esté dominada por los cangrejos, los que son considerados ingenieros ecosistémicos (Alongi, 2009).

Los estudios de las comunidades macrobentónicas son poco conocidos a nivel de los manglares tropicales. Los estudios realizados demostraron que estas comunidades están influenciadas por la estacionalidad, materia orgánica y las características del sedimento (Lee, 2008), además en dicho estudio, la estructura macrobentónica fue comparada con diversos manglares tropicales, los taxones dominantes fueron: poliquetos (Malasia); anélidos, moluscos y crustáceos (Australia); oligoquetos (Kenia), crustáceos y gasterópodos (Hong Kong).

En los manglares de Darwin Harbour, en Australia, se encontraron 76 especies de invertebrados bentónicos: 68 poliquetos, 1 oligoqueto, 1 echiura, 3 sipuncúlidos, 2 nemertinos, 1 turbelario, que fueron recolectados de cuatro principales ensambles de manglares (Metcalf & Glasby, 2008). En estos manglares, la infauna macrobentónica está dominada por poliquetos constituyendo aproximadamente entre 80–96% de la abundancia en cada muestra.

Los poliquetos son organismos marinos más abundantes y frecuentes en ambientes bentónicos; están entre los grupos con mayor riqueza específica, en los manglares suelen ser el grupo dominante (Hernandez & Solis-Weiss, 1995).

En diversos estudios sobre manglares tropicales y subtropicales, se señalan que Polychaeta es uno de los grupos dominantes de la macrofauna (Sunil Kumar, 2002). También en los manglares asociados a *Rhizophora mangle* (México), en todas las zonas muestreadas los poliquetos fueron dominantes en: abundancia, número de familias y especies (Hernandez & Solis-Weiss, 1995). Los poliquetos, a pesar de su tamaño pequeño en relación con otros ingenieros ecosistémicos de costas y estuarios, impactan fuertemente en el sedimento por sus niveles de abundancia y actividad (Gutiérrez *et al.*, 2011). Las estructuras comunitarias macrobentónicas de los Manglares de Jiquilisco en el Salvador están dominadas básicamente por poliquetos tanto en abundancia como en número de especies (Rivera, 2010).

## **II.2 Zonación de la comunidad macrobentónica**

La zonación para el intermareal se define cuando los organismos ocupan zonas distintas dispuestas horizontalmente, en un claro gradiente, esto abarca desde formas acuáticas y terrestres, en un patrón de distribución vertical. Está determinado por factores físicos e interacciones biológicas, la abundancia de las especies en la zona dependerá de que las condiciones favorezcan su sobrevivencia (Farrapeira *et al.*, 2009).

En los manglares del noreste de Australia se encontró zonación para la comunidad macrobentónica, la cual se distribuía por la gradiente fisiológica ambiental donde el nivel de sequedad del suelo, el nivel de la capa freática y la sombra son factores que controlan la distribución de especies (Dittmann, 2000).

Para el ecosistema de manglar de la bahía de Jiquilisco (El Salvador) se evidenció que el flujo y reflujo de la marea tiene un efecto en la cantidad y calidad de luz, ante esto los organismos presentan un patrón de zonación. Esto dependerá de las adaptaciones que los organismos hayan desarrollado frente a la luz solar (Rivera, 2010).

### **II.3 Relación entre la estructura comunitaria y los factores ambientales**

Los manglares están sometidos a diferentes tipos de variabilidad: la espacial, dada por la geomorfología del terreno; la estacional, dada por el régimen de lluvias y la climática de tipo inter-anual, como por ejemplo, la asociada a la Oscilación del Sur (ENSO) (Pérez, 2014).

En un estudio comparativo sobre la estructura comunitaria del macrobentos en los manglares tropicales, se encontró que no todos son afectados por los mismos factores, por ejemplo, en los manglares de Malasia fueron el tamaño del grano y el pH; disturbios en Australia; disponibilidad de detrito y depredación en Kenia; salinidad y estacionalidad en Hong Kong (Lee, 2008).

En los manglares de la India, la abundancia del macrobentos se correlacionó positivamente con todos los parámetros físico-químicos (pH, salinidad, temperatura, oxígeno disuelto), y las correlaciones con la densidad bentónica, diversidad, riqueza y uniformidad fueron significativas (Saravanakumar *et al.*, 2007).

El régimen hidrológico, la evaporación, la geomorfología y el flujo-reflujo de mareas, son los principales factores que regulan la salinidad, a nivel espacial y temporal. Esta renovación de aguas (flujo y reflujo) es el factor más influyente en este ecosistema: movimiento de nutrientes, remoción de contaminantes (Fajardo, 2013). La salinidad actúa como un factor limitante en la distribución de los organismos vivos, y su variación causada por la dilución y la evaporación, influencia a la fauna, en la zona intermareal (Saravanakumar *et al.*, 2007). En los manglares mexicanos asociados al *Rhizophora mangle* se encontró que un ligero aumento de temperatura y descenso de la salinidad favorece al incremento del número de organismos, pero cuando desciende bruscamente la salinidad y temperatura, decrece el número de poliquetos (Hernandez & Solis-Weiss, 1995).

Un factor que también influye mucho en la composición en las comunidades macrobentónicas en los manglares es el tamaño del grano del sedimento (Kathiresan & Bingham, 2001). La composición de estas comunidades y su importancia varía enormemente de un hábitat a otro dependiendo de las características de los sedimentos de los manglares (Saravanakumar *et al.*, 2007).

En los manglares de Darwin Harbour (Australia) los parámetros comunitarios correlacionaron positivamente con la composición granulométrica del sedimento (Chapman & Tolhurst, 2007). El sustrato suave de manglar constituido en gran parte por arcilla y limo favorece la abundancia de los poliquetos, pero tiene un efecto adverso en animales excavadores y animales de madriguera, como los bivalvos (Saravanakumar *et al.*, 2007).

El sustrato firme proporcionado por las raíces y denso follaje de los manglares ha favorecido el predominio de poliquetos, dado que estas raíces proporcionan protección contra la desecación, lo que favoreció el crecimiento de los poliquetos, ya que son más oportunistas en su potencial para colonizar hábitats estresados (Saravanakumar *et al.*, 2007).

#### **II.4 Estacionalidad en los Manglares**

Los poliquetos mostraron diferencias anuales y estacionales respecto de la riqueza de especies y abundancia, lo cual fue demostrado en los manglares de Darwin Harbour (Metcalf & Glasby, 2008). En los manglares de Jiquilisco en el Salvador, se encontró una clara variación en el nivel de la abundancia de la comunidad entre las épocas seca y lluviosa (Rivera, 2010). Las lluvias podrían influir positivamente en la reproducción o reclutamiento de poliquetos, ya que estos aparecen con mayor abundancia (Hernandez & Solis-Weiss, 1995).

En Colombia, en un estudio realizado bajo tres condiciones diferentes de gradientes del Río Dagua, con diferentes especies dominantes: zona alta: *Rhizophora spp.*, zona media: *Pelliciera rhizophoraceae* y en la zona baja *Rhizophora spp.* Se encontraron diferencias significativas para la salinidad y



temperatura, además para los sedimentos. A nivel de estructura comunitaria también se encontró diferencias entre las tres estaciones: composición de especies, densidad, riqueza. En lo que se refiere a la distribución de especies, mediante el análisis de componentes principales, en un primer factor se les asoció con salinidad y temperatura; y en otro factor al tamaño de sedimento y contenido orgánico (Lucero *et al.*, 2006).

Diversos estudios han demostrado que la distribución de los sedimentos, los cangrejos y la vegetación en las zonas de manglares están fuertemente correlacionados, por lo que se deberían estudiar en conjunto (Gomes *et al.*, 2013).

## **II.5 Los manglares en el Perú**

La biocenosis de los manglares del Perú ocupa gran variedad de biotopos, dentro de los cuales vive: peces, cefalocordados, equinodermos, moluscos y aves. Se han identificado 5 biotopos a nivel de los manglares (Peña, 1970):

1. Biotopo del algarrobal (*Prosopis chilensis*)
2. Biotopo del gramadal (*Distichlis spicata*)
3. Biotopo de transición entre el gramadal y el manglar.
4. Biotopo del manglar (*Rhizophora mangle*)
5. Biotopo de la playa arenosa.

El Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes presenta el biotopo del manglar, donde predomina particularmente el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y en menor proporción el mangle colorado (*Rhizophora harrisonii*). Estas especies se encuentran ocupando toda una faja cenagosa que por un lado mantienen una interrelación con el continente (gramadal y bosque seco) (INRENA, 2007). Principalmente *Rhizophora mangle* forma una intrincada red, la cual es el hábitat especial de muchos invertebrados y el sostén de las mismas plantas para el intercambio de nutrientes y de gases (Pérez, 2014).

Los manglares de Tumbes son parte de un ecosistema que está muy influenciado por la variabilidad climática asociada al ENSO (Morera & Flores, 2013). Es un ecosistema de gran importancia para Tumbes, por ser fuente de alimentación y por sus servicios ecosistémicos.

Para la gestión ambiental del área, se necesita crear una línea base sobre los ecosistemas del manglar en Tumbes, para lo cual el Instituto Geofísico del Perú (IGP) lideró el proyecto "Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes", el cual fue formado por un grupo multidisciplinario, con la participación de varias instituciones: Universidad Peruana Cayetano Heredia (Biogeoquímica y Geología), Universidad Nacional Agraria La Molina (Bosques y Suelos), Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Ecología y Biología), IMARPE-Tumbes y otras instituciones.

El presente trabajo formó parte del proyecto antes mencionado, perteneció al grupo de Ecología y Biología, estuvo liderado por el Dr. Juan Tarazona Barboza. Este trabajo estuvo enfocado a los cambios de la comunidad macrobentónica en el biotopo del cangrejo del manglar *Ucides occidentalis*, la selección de su biotopo se basó en que este recurso tenía interés ecológico y económico, además se desconocía la estructura macrobentónica y su variación en el tiempo. También se realizaron otras investigaciones:

- Variación anual del macrobentos en el biotopo de *Anadara tuberculosa*.
- Evaluación de la calidad ecológica del ecosistema de manglar en los estuarios del río Tumbes y Zarumilla.
- Análisis poblacional del *Ucides occidentalis*.

En este trabajo se presenta los resultados, de una investigación que abarcó un año de trabajo en campo. Por lo tanto reconoce las limitaciones que podría haber, por tratarse de una serie de tiempo muy corta para lograr hacer inferencias en ecología. Sin embargo, este trabajo es pionero en estudios sobre la estructura de la infauna macrobentónica en el biotopo de *Ucides occidentalis*, cangrejo del manglar, los manglares del Río Zarumilla, Tumbes, Perú. Esta línea base será de utilidad para futuros estudios del macrobentos, y su relación con los factores ambientales y fenómenos como El Niño y el Cambio Climático.

### **III. HIPOTESIS Y OBJETIVOS**

#### **III.1 Hipótesis de Investigación**

La estructura comunitaria de la infauna macrobentónica del intermareal de los bancos del “cangrejo del manglar”, *Ucides occidentalis*, presenta variación en su composición y estructura en función al ciclo anual y al espacio, los manglares del Río Zarumilla, Tumbes, Perú.

#### **III.2. Objetivo general**

Determinar la estructura de la infauna de la comunidad macrobentónica en relación a las variaciones espacio-temporales, en la zona intermareal en biotopo del cangrejo del manglar, *Ucides occidentalis*, en los manglares del Río Zarumilla, Tumbes.

#### **III. 2.1 Objetivos específicos**

- 1.- Evaluar la biodiversidad en la comunidad de macrobentos del intermareal en el biotopo del cangrejo del manglar.
- 2.- Identificar el posible patrón de zonación de la comunidad del macrobentos en la zona intermareal en el biotopo del cangrejo del manglar.
- 3.- Evaluar los cambios de la estructura comunitaria del macrobentos del intermareal a lo largo del ciclo anual y su posible relación con las fluctuaciones de la salinidad y otros parámetros ambientales en los bancos del cangrejo del manglar.

### **IV. MATERIALES Y METODOS**

#### **IV.1. Área de estudio**

En el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT), en la Cuenca del Río Zarumilla, Tumbes, Perú; se seleccionó dos estaciones de muestreo permanentes en la zona intermareal, ubicados en La Envidia 3°24'33.70"LS; 80°18'36.30"LW y Corral de Coches 3°25'37.90"LS; 80°15'38.10"LW (Fig. 1). Ambas estaciones están separadas por 5,85 km. La Envidia está a 0,42 km de distancia a la playa, mientras que Corral de Coches está a 6,34 km.



Figura 1. Mapa de la zona de estudio. Las estaciones de muestreo: Corral de Coches y La Envidia, en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes,

El biotopo del cangrejo *Ucides occidentalis* se encuentra ubicado en zonas elevadas de los manglares, denominados por los extractores “altiales”, la cual está rodeada por canales (Fig. 2).

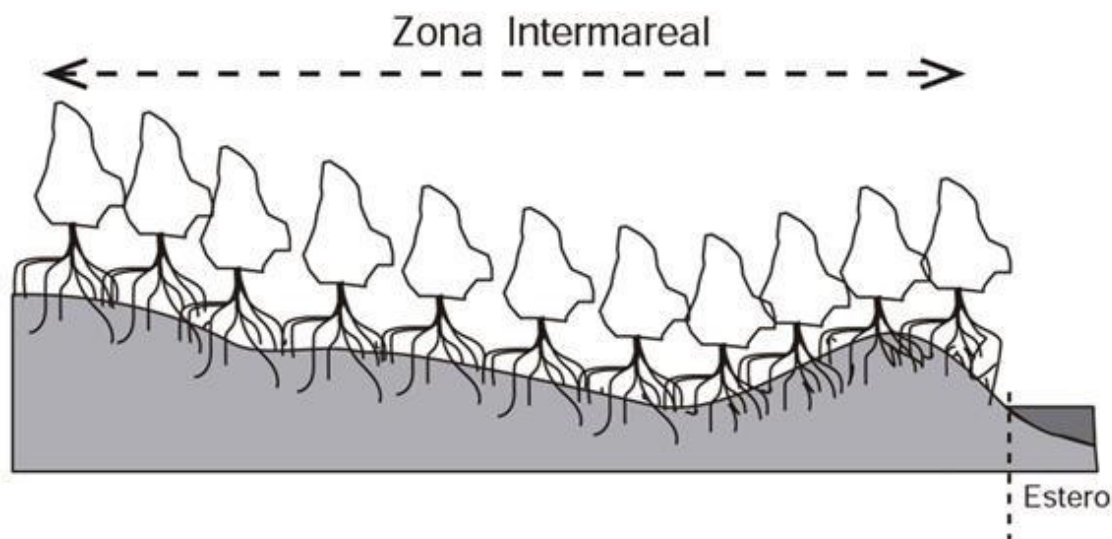


Figura 2. Esquema del Biotopo del Cangrejo del Manglar (Modificado de Cabanillas *et al.*, 2016)

La Envidia se caracterizó por tener un sedimento marrón oscuro y compacto en los primeros metros, para luego continuar fangoso (Fig. 3). Corral de Coches se caracterizó por tener un sedimento marrón rojizo compacto en los primeros metros y luego era fangoso (Fig. 4). En ambas estaciones, los árboles de *Rhizophora mangle* tenían grandes ramas y troncos en el sedimento.

Cabe mencionar que antes del período de muestreo, se realizaron dos salidas exploratorias a los manglares, para ver las condiciones para realizar la investigación. Dado que el objetivo era estudiar dos zonas con distinto grado de salinidad, se escogieron estas dos estaciones de muestreo: Corral de Coches y La Envidia, se consideró el tiempo de viaje y la accesibilidad para la realización del muestreo mensual.





Figura 3. Estación de muestreo La Envidia en el SNLMT, Noviembre del 2012-  
 Noviembre del 2013. Fuente: IGP Proyecto "Impacto de la Variabilidad y Cambio  
 Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes"



Figura 4. Estación de muestreo Corral de Coches en el SNLMT, Noviembre del  
 2012-Noviembre del 2013. Fuente: IGP Proyecto "Impacto de la Variabilidad y  
 Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes"

## **IV.2. Parámetros fisicoquímicos y sedimentos**

Debido a la naturaleza del manglar, que presenta un cambio en el flujo de marea, la toma de parámetros físico-químicos se realizó en el centro del canal (ver Fig. 1) frente a la estación de muestreo con un equipo multiparámetro HORIBA se obtuvo temperatura, salinidad, y sólidos disueltos. Este equipo fue utilizado durante todo el período de muestreo.

Esta metodología de estudio ha sido utilizada en otros trabajos en manglares como el de Saravanakumar *et al.* (2007), Pérez (2014), Cuéllar *et al.* (2010) y también fue la metodología propuesta por el Instituto Geofísico del Perú (IGP) en el Proyecto "Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes", de la cual esta investigación forma parte.

Se tomó una fracción de sedimento en cada punto del transecto, luego fue colocado a bajas temperaturas, para su posterior análisis. En el laboratorio se analizó la granulometría del sedimento, obteniéndose luego los porcentajes en peso de cada fracción separada, con ello se determinó el tipo de sedimento predominante del lugar siguiendo la clasificación de grado de Wentworth (Buchanan & Kain, 1971). En esta investigación se presentan los resultados de los meses de abril y noviembre del 2013.

## **IV.3. Método de Muestreo de la comunidad de la infauna macrobentónica**

Se realizó un muestreo mensual. En cada estación de muestreo se tomó un transecto perpendicular al canal del estuario. Las muestras fueron tomadas en tres puntos del transecto (inferior, medio y medio superior) los cuales tenían una extensión de hasta 100 metros (la longitud del biotopo). En cada punto se tomó tres réplicas las cuales estaban separadas a una distancia de 1 metro; por cada estación de muestreo se obtuvo 9 réplicas por mes (Fig. 5).

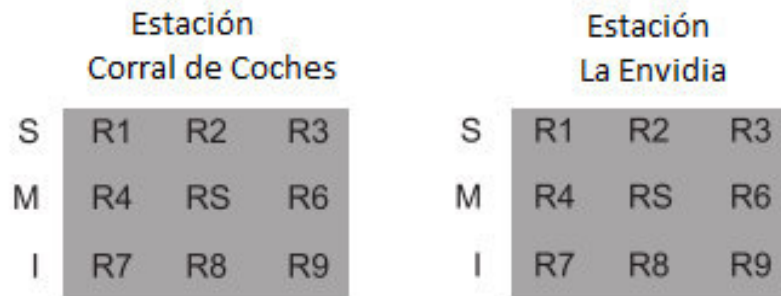


Figura 5. Diagrama de muestreo de macrobentos realizado en el Santuario Nacional los Manglares de Tumbes (S: Superior del transecto, M: Medio del transecto, I: Inferior del Transecto) y Réplica (R). Modificado de Cabanillas *et al.*, 2016.

Se usó el muestreador Core (12 x 16 x 30cm) introducido hasta un aproximado de 30 cm. La muestra obtenida se tamizó en la bolsa con malla de 500 micras, luego se colocó la muestra en bolsas plásticas con su respectiva etiqueta y se fijó con formol al 7%.

La evaluación del presente estudio fue desde noviembre del año 2012 hasta noviembre del año 2013. Por cada estación de muestreo se obtuvo 108 muestras en toda la evaluación. Cabe mencionar que en febrero del año 2013 no se realizó el muestreo por la veda del cangrejo del manglar, determinada por la administración del SNLMT.

El presente estudio de la comunidad macrobentónica se realizó en la zona intermareal de los manglares (en el biotopo del Cangrejo del Manglar), y con una profundidad establecida por el uso del muestreador Core, por lo que este estudio es válido para los primeros 30 cm de profundidad en el biotopo del cangrejo del manglar.

#### IV.4 Análisis de Muestras

Para la separación de los organismos se empleó un estereoscopio y la identificación fue al menor nivel taxonómico posible. Para la identificación de poliquetos se usaron claves taxonómicas de Amaral (1980); Day (1967a, 1967b, 1973); Fauchald (1977); Hartmann-Schröder (1959); Rouse & Pleijel (2007), entre otras publicaciones especializadas.



Para los Crustáceos, se usó la Clave de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Mendez, 1981). Para las morfoespecies de Nemertea, el trabajo de Thiel y Norenburg (2009), para Molusca el de Penagos (2013). Además se hizo consultas a especialistas en grupos específicos del macrobentos.

Las muestras de este trabajo están en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en el Laboratorio de Ecología Acuática.

#### IV.5. Grupos tróficos

Para los poliquetos se realizó la agrupación en base a la forma de alimentación: alimentadores de depósitos superficiales, alimentadores de depósitos subsuperficiales, carnívoros, herbívoros, filtradores y omnívoros, tomando como referencia el artículo de Jumars & Fauchald (1979), y se consideró la última revisión actualizada (Jumars *et al.*, 2015). Para los artrópodos, se tomó los lineamientos de Ruppert & Barnes (1996), para los moluscos la propuesta de Penagos (2013).

Además se realizó consultas a especialistas en grupos específicos del macrobentos.

**Tabla 1. Definición de los grupos tróficos**

<b>Grupo</b>	<b>Forma de alimentación</b>
Alimentadores de depósitos superficiales	En la superficie de sedimentos suaves
Alimentadores de depósitos subsuperficiales	Debajo de la superficie de los sedimentos suaves
Filtradores	Por captura de partículas en suspensión en la columna de agua
Carnívoro	Capturan y consumen animales
Omnívoro	Plantas y animales
Detritívoro	Detritos

## **IV.6. Estacionalidad en los manglares**

La variabilidad hidrológica de la Cuenca Zarumilla ha sido estudiada por el Instituto Geofísico del Perú, que ha determinado que entre el 85% - 90% de las precipitaciones ocurren principalmente en los meses de enero a marzo (Morera & Flores, 2013). Estos datos están confirmados con la información del SENAMHI sobre las lluvias para ese año (Anexo 3). En este estudio, se ha determinado la siguiente estacionalidad: época de lluvias esta entre enero-abril, la transición entre mayo-junio y noviembre-diciembre y época de estiaje (seca) entre julio-octubre

## **IV.7. Análisis de los datos**

### **IV.7.1. Parámetros Físico-químicos**

Se analizó la variación anual de la salinidad, temperatura y TDS para las dos estaciones de muestreo, tomando en cuenta la estacionalidad para este ecosistema del manglar (Morera & Flores, 2013). Se analizó si había diferencias significativas entre ambas estaciones de muestreo respecto a los parámetros físico-químicos. Se usó la prueba T de Student (Daniel, 2002). Para las comparaciones se transformó la abundancia a densidad (individuos/m<sup>2</sup>). Se usó el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2008)

### **IV.7.2. Estructura macrobentónica**

Se analizó la estructura macrobentónica a nivel de phyla, familias y especies. La estructura trófica fue analizada mediante tablas y gráficas descriptivas. Para comparar las zonas de muestreo, se expresó la abundancia en densidad (ind/m<sup>2</sup>).

A nivel de las especies, se hallaron las dominancias por mes y cada estación. Se usaron tablas descriptivas.

La diversidad del macrobentos se expresó con el índice de Shannon (H') (Shannon & Weaver, 1949), número de especies y abundancia. Se hallaron estos índices y se obtuvo el promedio por mes. Luego se compararon las dos estaciones sobre estos 3 índices para ver si había diferencias significativas entre ambas estaciones de muestreo. Se usó la prueba T para dos muestras, en caso

de no cumplir con el supuesto básico de la normalidad, se usó la prueba de Mann-Whitney.

#### **IV.7.3. Zonación de la infauna macrobentónica**

Se analizó las dos estaciones de muestreo del biotopo del cangrejo del manglar como un todo. El análisis de la frecuencia para las especies fue realizado en los niveles inferior, medio y superior. En cada nivel se evaluó la presencia de las especies en todas las repeticiones que fueron 36 (3 repeticiones mensuales durante un año). Luego para hallar la frecuencia por cada nivel, se dividió la presencia en el nivel sobre el total de las presencias (en los tres niveles) y se expresó en porcentaje.

#### **IV.7.4. Cambios de la estructura comunitaria**

La variación a nivel del macrobentos en las dos estaciones de muestreo fue analizada mediante un análisis de abundancia en el tiempo con gráficos. Para la comparación de abundancia entre Corral de Coches y la Envidia para las abundancias en todo el período evaluado, se usó la prueba no paramétrica PERMANOVA (Anderson, 2006). Se usó el programa Past 2.17 (Hammer, 2012). Para este análisis no se consideró el último mes (noviembre 2013), dado que es el inicio de una transición, pero no al no haber mayor información del mes siguiente, no ayudaría al análisis de este trabajo.

La biomasa en las dos estaciones de muestreo fue comparada. Para analizar si existen variaciones significativas, se aplicó la prueba no paramétrica de PERMANOVA.

Para las especies dominantes, se realizó un análisis de su variación en el tiempo, mediante un análisis gráfico. Para comprobar si hay variaciones significativas en el tiempo se usó el modelo lineal generalizado mixto (Di Rienzo *et al.*, 2012), con un modelo basado en la distribución de Poisson, dado que se conoce que el modelo se ajusta bien en el caso de abundancia, que es una variable de conteo. Se probó la interacción entre la estación de muestreo y el mes para todas las especies dominantes. Para todas las especies analizadas, en los modelos lineales mixtos, el cociente de la varianza entre el número de datos debe ser

cercanos a uno, lo que indica que los modelos ajustan bien. Se usó el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

Para el análisis comunitario se usó la estadística multivariada. Se realizaron un análisis de similaridad de Bray Curtis, índice siempre usado para estudiar bentos (Clarke, 1993). El análisis no métrico multidimensional (NMDS) fue utilizado para analizar la estacionalidad en los manglares. Estas prueba se analizó mediante el Software Primer 6.1.6 (Clarke & Warwick, 2001).

Para identificar la variación de la estructura comunitaria respecto a las épocas seca y lluviosa se realizó un análisis PERMANOVA (Anderson, 2006). De haber diferencias respecto a la estacionalidad, se comparó con la prueba SIMPER (Clarke, 1993) para analizar el grado de disimilaridad y poder saber que especies marcan la diferencia entre ambas épocas.

Se realizó la prueba de Correspondencia Canónica (Legendre & Legendre, 1998) la cual analiza una matriz de sitios por especies donde para cada sitio se tiene datos ambientales. En este caso se usará para analizar la relación de las variables abióticas (temperatura, salinidad, total de sólidos disueltos) con la variables biótica (abundancia de las especies dominantes) para cada estación de muestreo. Se usó el programa Past 2.17 (Hammer, 2012).

## **V. RESULTADOS**

### **V.1. Variación Parámetros Abióticos**

#### **V.1.1. Físico-químicos**

##### **V.1.1. Estación La Envidia**

La máxima temperatura fue en marzo del 2013 con 28,36 °C y la mínima con 24,01 °C en julio del 2013. La salinidad fue máxima en julio del 2013 con 36,036 ppt y mínima en mayo del 2013 con 28,76. Para sólidos disueltos el valor máximo se obtuvo en diciembre del 2012 con 34,2 g/L y el mínimo en mayo 2013 con 28,6 g/L. (Tabla 2 y Fig. 6)

**Tabla 2. Resultados Físico-Químicos para la Envidia**

Fechas	Temperatura °C	Salinidad ppt	Total de Sólidos Disueltos g/L
nov-12	25,7	35,8	33,3
dic-12	26,56	38	34,2
ene-13	28,17	36,5	33,1
mar-13	28,36	31,8	29,8
abr-13	25,84	33	30,2
may-13	27,56	30,5	28,6
jun-13	26,04	33,3	30,5
jul-13	24,01	35,2	32
ago-13	24,47	34,4	31,4
sep-13	24,74	35,7	32,4
oct-13	25,63	36,8	33,3
nov-13	25,6	36,6	33,2

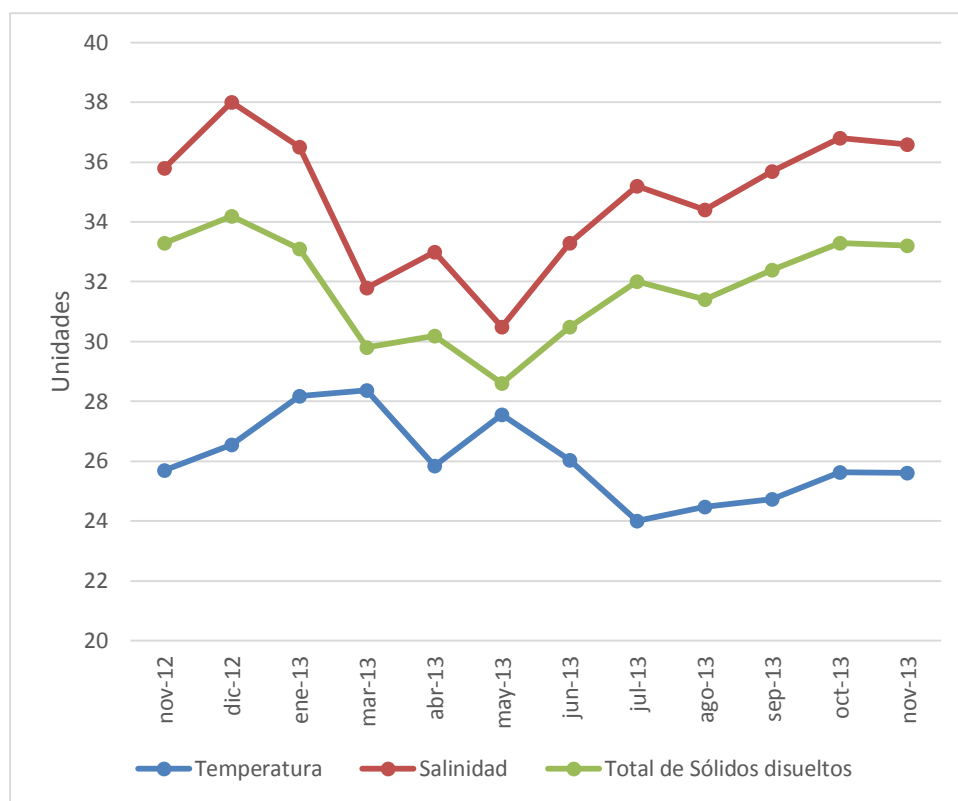


Figura 6. Variación de la Temperatura, Salinidad y Total de Sólidos Disueltos en la estación de muestreo La Envidia.

### V.1.2. Estación Corral de los Coches

La máxima temperatura fue en marzo del 2013 con 30,24 °C y la mínima con 25,17 °C en julio del 2013. La salinidad fue máxima en noviembre del 2012 con 36,7 ppt y mínima en marzo del 2013 con 27,7. La conductividad fue máxima en noviembre del 2012 con 31,1 g/L y mínimo en marzo 2013 con 26,3. Todos los parámetros físico-químicos evaluados mostraron un tendencia a disminuir durante la época lluviosa (enero-abril del 2013) (Tabla 3 y Fig. 7).

**Tabla 3.Resultados Físico-Químicos para Corral de Coches**

Fechas	Temperatura °C	Salinidad ppt	Total de Sólidos Disueltos g/L
nov-12	26,9	36,7	33,1
dic-12	28,32	36,4	32,9
ene-13	29,63	35,9	32,6
mar-13	30,24	27,7	26,3
abr-13	29,57	28,1	26,6
may-13	29,58	28,2	26,7
jun-13	26,92	31	29,1
jul-13	25,17	32,1	30
ago-13	25,85	33,6	30,7
sep-13	26,42	34,6	31,5
oct-13	25,51	36,1	32,7
nov-13	26,7	35,6	32,3

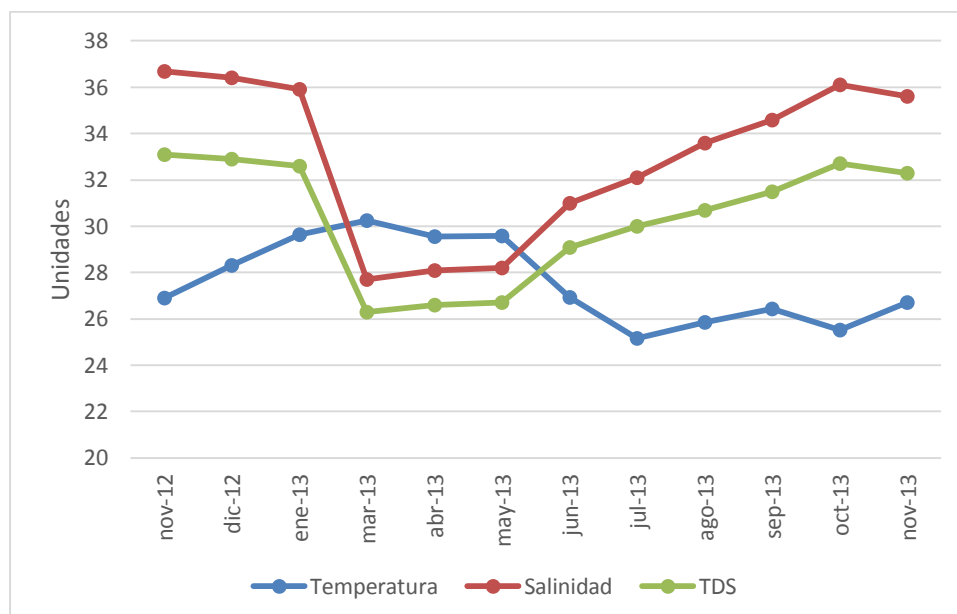


Figura 7. Variación de la Temperatura, Salinidad y Total de Sólidos Disueltos en la estación de muestreo Corral de Coches. Noviembre del 2012 –noviembre 2013

En las comparaciones entre los parámetros físico-químicos para ambas estaciones de muestreo: salinidad, temperatura y sólidos disueltos; sólo se hallaron diferencias significativa para la temperatura (T-Student,  $p\text{-value} < 0.05$ ). Para los tres casos los supuestos básicos de normalidad y homogeneidad de varianzas se cumplieron.

Los datos de la estación del SENAMHI, El Salto, en Tumbes, confirman la estacionalidad en el ecosistema del Manglar, dado que la mayor pluviosidad se da en marzo con 3,642mm y en abril con 2,145mm (Anexo 3).

### V.1.2. Sedimentos

Para la Envidia, los resultados muestran en los tres niveles una composición donde predomina la arena, la variación en su composición fue mínima entre los dos meses, y los tres niveles son muy parecidos. Para Corral de Coches, en el nivel inferior hay una mayor composición en arena, los niveles medio y superior contiene mayormente arcilla. En la composición granulométrica, los niveles inferiores de ambas estaciones son muy parecidos (Fig. 8).

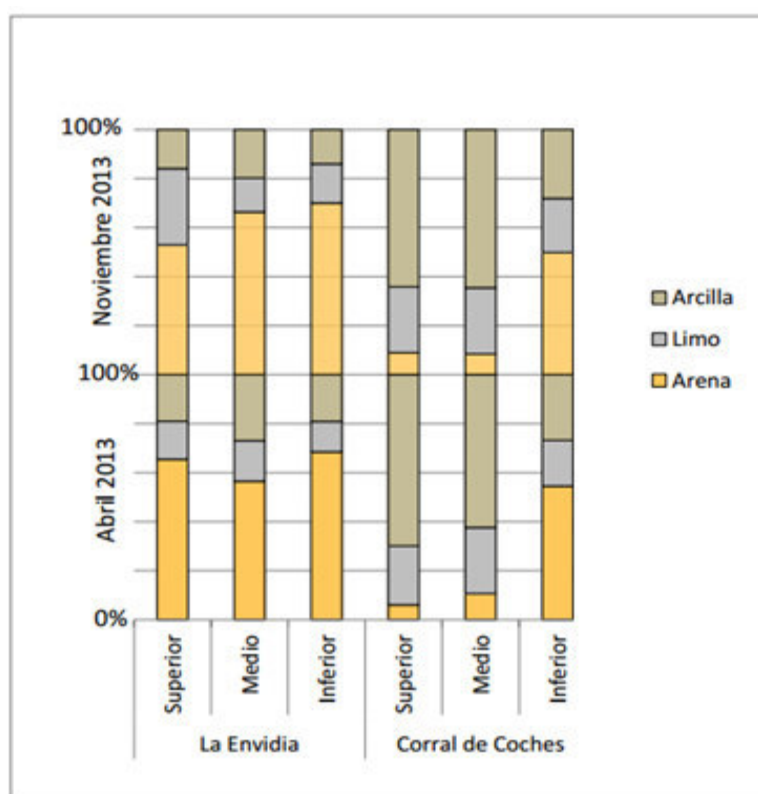


Figura 8. Granulometría en el biotopo del cangrejo del manglar



## V.2 Biodiversidad de Macrocentos en el SNLMT

### V.2.1. Especies de la infauna macrobentónica en todo el período de evaluación

Se encontró un total de 75 especies en todo el período de muestreo, 58 en Corral de Coches y 52 en La Envidia. Las dos estaciones poseen 34 especies en común. Para Arthropoda, en el Subfilo Crustacea se encontraron 5 familias y 7 especies, en el Subphylum Hexapoda, se identificaron 4 familias. Respecto a Mollusca, para la clase Bivalvia se encontraron 5 familias y 8 especies identificadas; para la clase Gastropoda se encontraron 2 familias y 3 especies. Sobre Annelida (Polychaeta) se encontraron 18 familias y 43 especies. Sobre Nemertea, 5 morfoespecies fueron encontradas. La lista completa de especies se encuentra en el anexo 1. En el caso de Phoronida sólo se encontró 1 espécimen, y 2 ejemplares para Sipuncula.

### V.2.2. Densidades de los invertebrados macrobentónicos en el biotopo del cangrejo del manglar.

#### V.2.2.1. Phylum Annelida

Están agrupados en 18 familias. Para las dos estaciones de muestreo las tres familias con mayor densidad son: Capitellidae, Nereididae y Spionidae (Fig. 9).

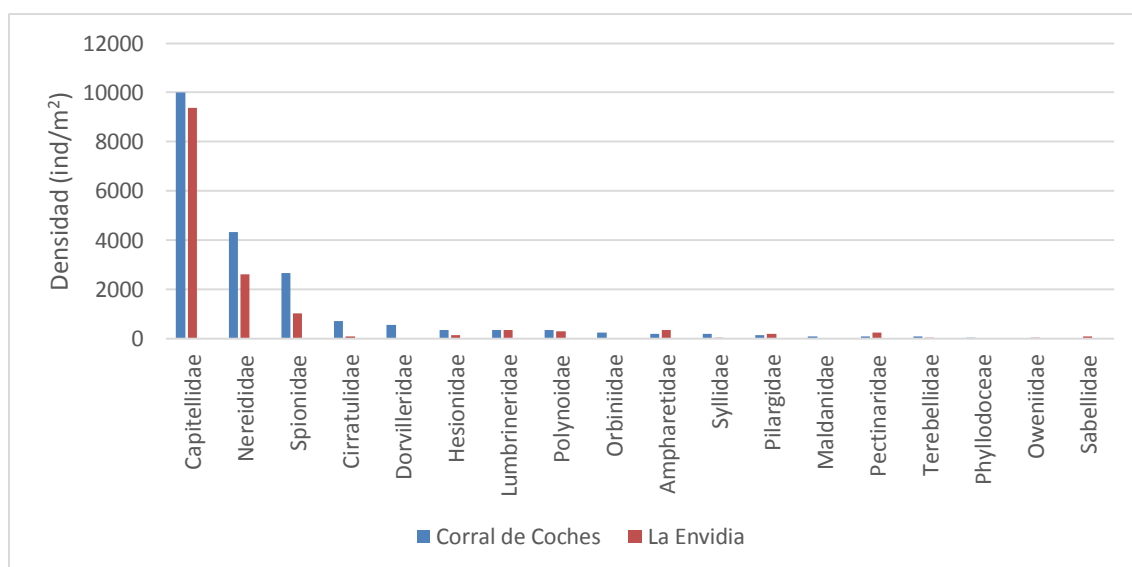


Figura 9. Abundancias en las familias de poliquetos por estación de muestreo

Se encontraron 43 especies de poliquetos, siendo las especies más abundantes: *Mediomastus* sp, *Heteromastus filiformis*, *Perinereis nuntia* y *Notomastus hemipodus*. Para Corral de Coches se encontraron en total 34 especies de poliquetos y 31 para la Envidia.

#### V.2.2.2. Phylum Arthropoda

Se encontraron cuatro familias. La Clase Insecta, la única familia común entre ambas estaciones fue Psychodidae. La familia Dolichopodidae y el suborden Heteroptera se encontraron solamente en Corral de Coches, un individuo no identificado fue hallado en la Envidia (Tabla 4).

**Tabla 4. Densidades de la Clase Insecta en el SNLMT.**

<b>Familias</b>	<b>Corral de Coches</b>	<b>La Envidia</b>	<b>Total general</b>
Familia Blattidae	0	52	52
Familia Cerambicydae	0	313	313
Familia Dolichopodidae	52	0	52
Familia Psychodidae	156	156	313
<b>Total</b>	<b>208</b>	<b>521</b>	<b>729</b>

Para el SubPhylum Crustacea, la especie *Alpheus* sp. en Corral de Coches tuvo 365 ind/m<sup>2</sup> y en La Envidia sólo 52 ind/m<sup>2</sup>. Dos individuos de *Panopeus* sp. se encontraron en La Envidia (Tabla 5) .

**Tabla 5. Densidades para Crustacea en el SNLMT.**

Especies	Corral de Coches	La Envidia	Total general
<i>Alpheus</i> sp.	365	52	417
<i>Panopeus</i> sp.	0	104	104
Penaeidae sp.3	104	0	104
Penaeidae sp.1	52	0	52
Penaeidae sp.2	52	0	52
<i>Pinnixa valerii</i>	0	52	52
Total	<b>573</b>	<b>208</b>	<b>782</b>

### V.2.2.3 Phylum Mollusca

Los bivalvos fueron más abundantes que los gasterópodos. El molusco con mayor densidad fue el bilvalvo *Sphenia fragilis* en ambas estaciones. Para los gastrópodos, *Cerithidea* sp. tuvo la mayor densidad con 156 ind/m<sup>2</sup>. Entre ambas estaciones, Corral de Coches tuvo la mayor densidad de moluscos con 1615 ind/m<sup>2</sup> (Tabla 6).

**Tabla 6. Densidades para Bivalvia y Gastropoda en el SNLMT.**

	Corral de Coches	La Envidia	Total
<b>Bivalvia</b>			
<i>Anadara tuberculosa</i>	52	52	104
Fam. Arcidae sp1.	261	104	365
Fam. Arcidae sp2.	0	52	52
<i>Corbula nasuta</i>	156	0	156
<i>Mytella guyanensis</i>	313	52	365
<i>Mytella</i> sp.	52	313	365
<i>Sphenia fragilis</i>	313	313	625
<i>Tagelus</i> sp.	208	52	261

<b>Gastropoda</b>			
<i>Cerithidea</i> sp.	156	0	156
Fam. Potamididae sp1	104	0	104
<i>Detracia</i> sp.2	0	104	104
<b>Total</b>	<b>1615</b>	<b>1042</b>	<b>2657</b>

#### V.2.2.4. Phylum Nemertea

Se encontraron 5 morfoespecies. Entre las dos estaciones de muestreo, la morfoespecie con mayor densidad fue la morfoespecie 1 para ambas zonas. (Tabla 7).

**Tabla 7. Densidades para Nemertea.**

<b>Morfoespecie</b>	<b>Corral de Coches</b>	<b>La Envidia</b>	<b>Abundancia</b>
Nemertea 1	521	313	834
Nemertea 2	208	208	417
Nemertea 3	313	261	573
Nemertea 4	104	156	261
Nemertea 5	0	52	52
<b>Total</b>	<b>1146</b>	<b>990</b>	<b>2136</b>

#### V.2.2.5. Otros

Para el phylum Sipuncula se encontraron 2 ejemplares en la estación Corral de Coches en el mes de diciembre del 2012. Para el Phylum Phoronida, sólo se encontró un ejemplar para el mes de junio del 2013 en Corral de Coches.

### V.2.3. Grupos Tróficos en todo el período de evaluación

El grupo trófico con mayor densidad en las dos estaciones de muestreo fueron los alimentadores de depósitos superficiales. El segundo grupo fue el de los omnívoros. El tercer grupo con mayor densidad correspondió a los carnívoros (Fig. 10).

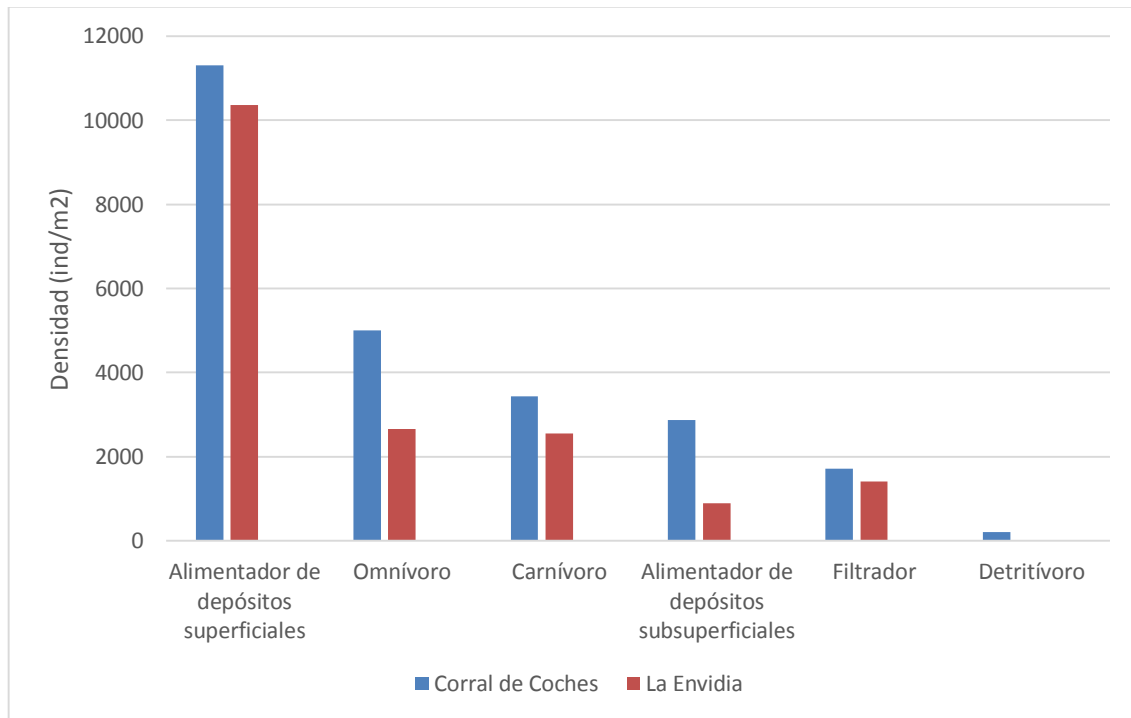


Figura 10. Densidad en los grupos tróficos en el biotopo del cangrejo del manglar

#### V.2.3.1. Alimentadores de depósitos superficiales

En ambas estaciones la especie con mayor densidad fue *Mediomastus* sp, otras especies importantes son *Heteromastus filiformis* y *Notomastus hemipodus*. (Fig. 11)

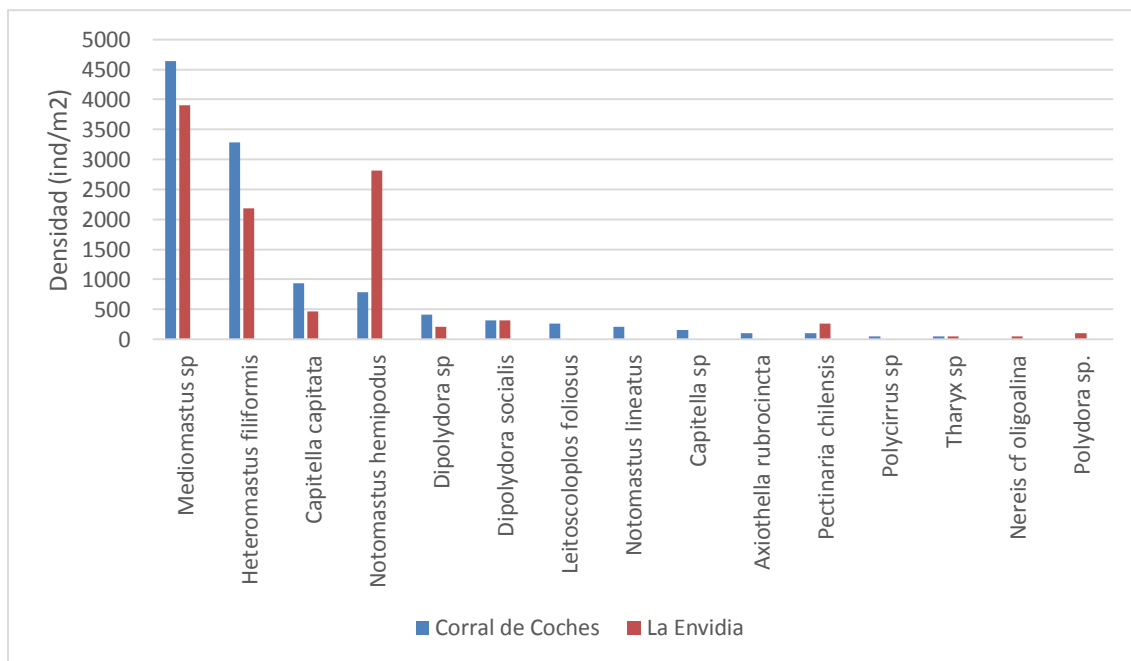


Figura 11. Densidad del grupo trófico alimentadores de depósitos superficiales en el biotopo del cangrejo del manglar

#### V.2.3.2. Alimentadores de depósitos subsuperficiales

En Corral de Coches, la especie con la mayor densidad fue *Prionospio multibranchiata*, seguido por *Chaetozone* sp1. Para La Envidia la especie con la densidad más elevada fue *Chaetozone* sp1 (Fig. 12).

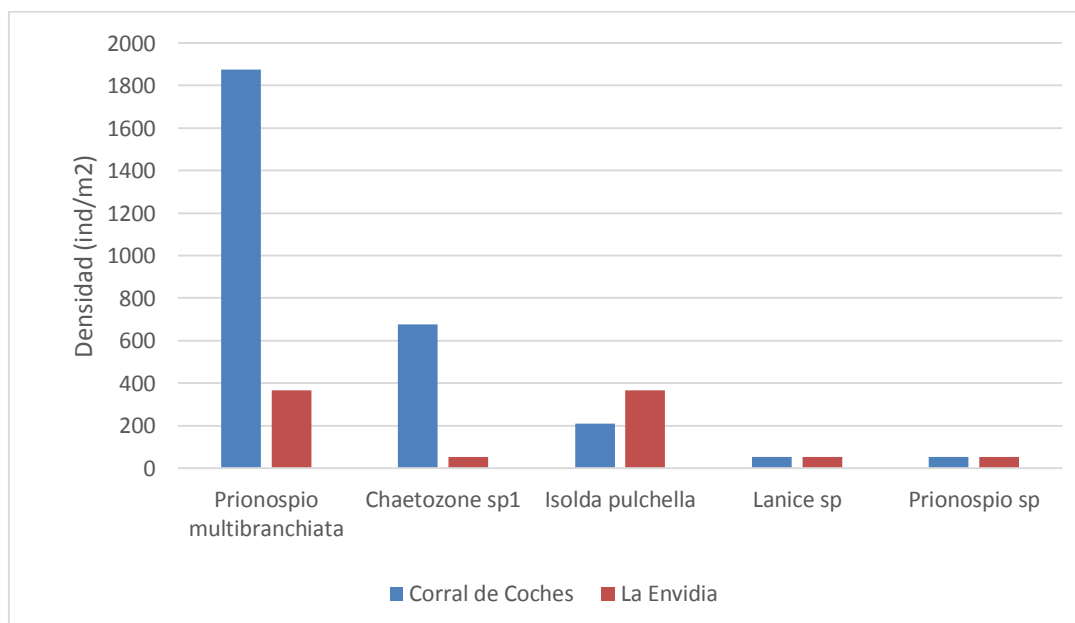


Figura 12. Densidad de los alimentadores de depósitos subsuperficiales en el biotopo del cangrejo del manglar

### V.2.3.3. Carnívoros

En Corral de Coches, las especies con mayores densidades fueron *Schistomeringos annulata* y *Nemertea* 1, seguido por *Scoletoma* sp., para La Envidia la especie más abundante también fue *Scoletoma* sp (Fig.13).

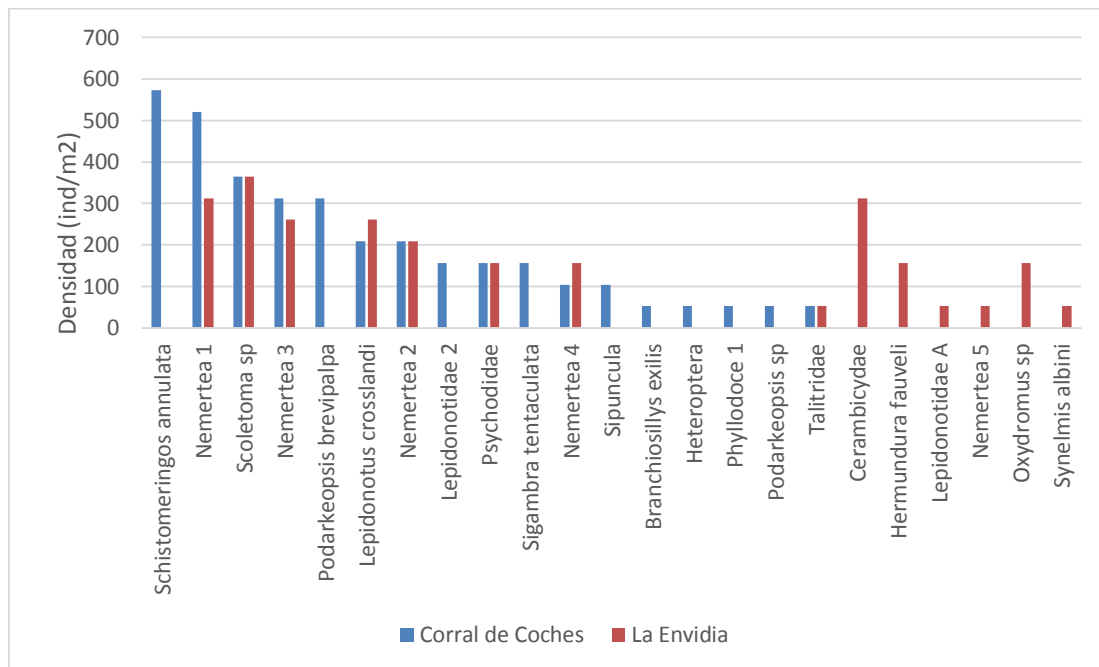


Figura 13. Densidad para carnívora en el biotopo del cangrejo del manglar

### V.2.3.4. Filtradores

En Corral de Coches, las especies con mayores densidades fueron *Sphenia fragilis* y *Mytella guyanensis*. Para La Envidia, las especies más abundantes fueron *Sphenia fragilis*, *Mytella guyanensis* y *Mytella* sp. (Fig. 14).

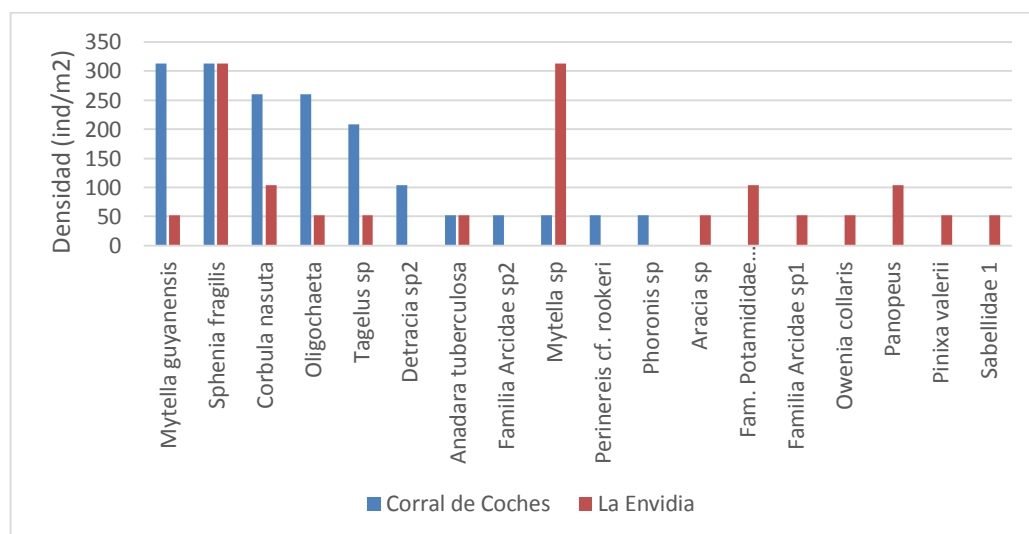


Figura 14. Abundancia para los filtradores en el biotopo del cangrejo del manglar

### V.2.3.5. Omnívoros

La especie con mayor densidad para ambas estaciones de muestreo fue *Perinereis nuntia*, seguido por *Rullierinereis* sp y *Neanthes* sp1.

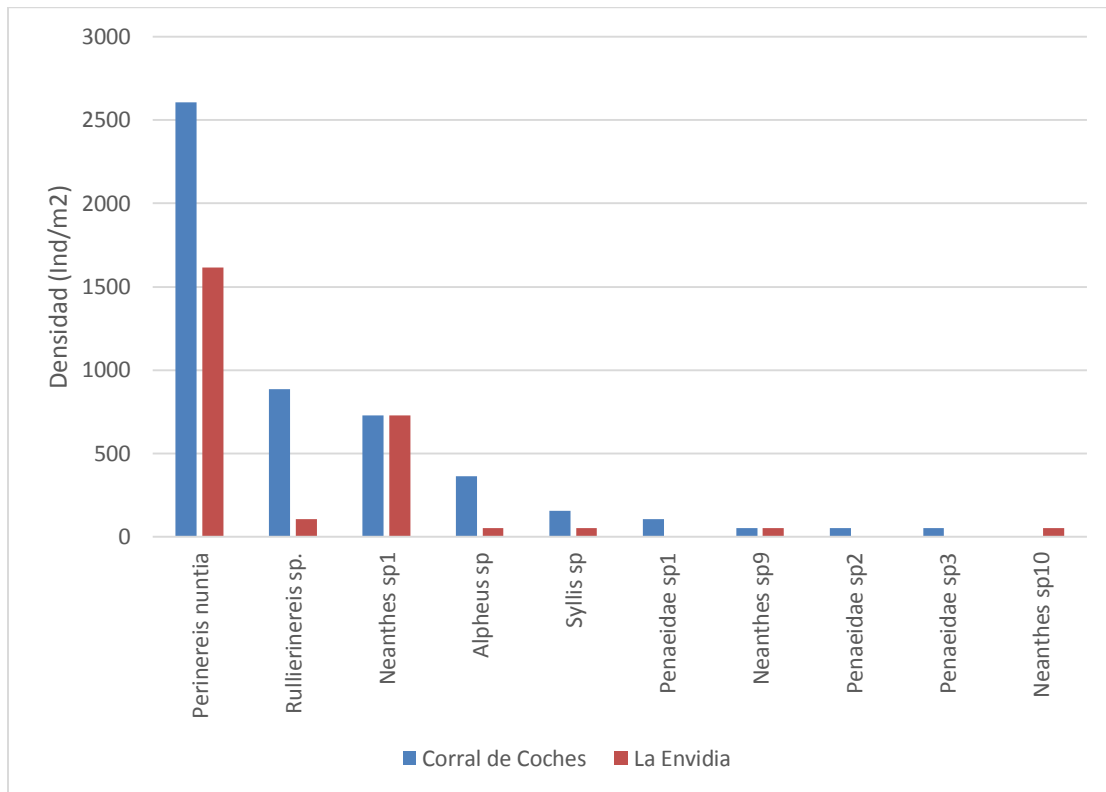


Figura 15. Densidad para omnívoros en el biotopo del cangrejo del manglar

### V.2.3.6. Detritívoros

Para este grupo se encontraron 2 especímenes de *Cerithidea* sp. y uno de *Dolichopodidae*, ambos en Corral de Coches.



## V2.4. Diversidad

### V.2.4.1. Dominancia

#### V.2.4.1.1 Corral de Coches

Los poliquetos fueron dominantes en todos los meses de evaluación. En todos los casos la dominancia fue menor al 40%. La especie *Mediomastus* sp. domina en diciembre del 2012, durante los meses de agosto (con *Perinereis nuntia*) a octubre del 2013. *Heteromastus filiformis* domina con mayor porcentaje en abril, mayo, julio y noviembre del 2013. En marzo, el poliqueto *Capitella capitata* comparte el dominio con *Mediomastus* sp.; *Perinereis nuntia* comparte dominancia con *Isolda pulchella* y *Neanthes* sp. 1 en el mes de noviembre del 2012 (Tabla 8).

**Tabla 8. Dominancia de las especies en el período evaluado en Corral de Coches**

Fecha	Especie	% Dominancia	Fecha	Especie	% Dominancia
nov-12	<i>Isolda pulchella</i>	15,38	jun-13	<i>Prionospio multibranchiata</i>	26,09
	<i>Neanthes</i> sp.1	15,38		<i>Perinereis nuntia</i>	13,04
	<i>Perinereis nuntia</i>	15,38		<i>Chaetozone</i> sp.1	8,70
dic-12	<i>Mediomastus</i> sp	23,53	jul-13	<i>Heteromastus filiformis</i>	19,35
	<i>Heteromastus filiformis</i>	15,44		<i>Perinereis nuntia</i>	16,13
	<i>Prionospio multibranchiata</i>	10,29		<i>Prionospio multibranchiata</i>	9,68
	<i>Perinereis nuntia</i>	9,56		Fam. Arcidae sp2	6,45
	<i>Notomastus hemipodus</i>	5,15		<i>Mediomastus</i> sp	6,45
ene-13	<i>Rullierinereis</i> sp.	15,09	ago-13	<i>Mediomastus</i> sp	22,50
	<i>Mediomastus</i> sp	11,32		<i>Perinereis nuntia</i>	22,50
	<i>Schistomeringos annulata</i>	11,32		<i>Heteromastus filiformis</i>	10,00
	<i>Alpheus</i> sp.	9,43		<i>Podarkeopsis brevipalpa</i>	7,50
mar-13	<i>Capitella capitata</i>	28,57	sep-13	<i>Mediomastus</i> sp	34,09
	<i>Mediomastus</i> sp	26,19		<i>Perinereis nuntia</i>	15,91
	<i>Heteromastus filiformis</i>	9,52		<i>Heteromastus filiformis</i>	9,09
	Nemertea 2	7,14		<i>Chaetozone</i> sp.1	6,82
abr-13	<i>Heteromastus filiformis</i>	39,13	oct-13	<i>Mediomastus</i> sp	28,13
	<i>Dipolydora socialis</i>	8,70		<i>Dipolydora</i> sp	15,63
	<i>Mediomastus</i> sp	8,70		<i>Heteromastus filiformis</i>	15,63
	<i>Perinereis nuntia</i>	8,70		<i>Prionospio multibranchiata</i>	12,50
may-13	<i>Heteromastus filiformis</i>	14,29	nov-13	<i>Heteromastus filiformis</i>	33,33
	<i>Mediomastus</i> sp	9,52		<i>Neanthes</i> sp1	13,33
	Nemertea 3	9,52		Nemertea 1	13,33
	<i>Prionospio multibranchiata</i>	9,52		<i>Perinereis nuntia</i>	13,33

### V.2.4.1.2. La Envidia

Los poliquetos fueron dominantes en todos los meses de evaluación. Sólo en dos oportunidades la dominancia es mayor al 40%: marzo del 2013 con *Mediomastus* sp (41.76%) y julio *Heteromastus filiformis* (42.86%). *Perinereis nuntia* dominó entre noviembre y diciembre del 2012.

Desde abril hasta junio dominó *Notomastus hemipodus*. Para setiembre dominan dos especies: *Heteromastus filiformis* y *Mediomastus* sp. En octubre dominan 3 especies: *Heteromastus filiformis*, *Mediomastus* sp y *Perinereis nuntia*; en diciembre dominan estas dos últimas especies (Tabla 9).

**Tabla 9. Dominancia de las especies en el período evaluado en La Envidia**

Fecha	Especie	% Dominancia	Fecha	Especie	% Dominancia
nov-12	<i>Perinereis nuntia</i>	28,57	jun-13	<i>Notomastus hemipodus</i>	20,00
	<i>Mediomastus</i> sp	23,81		<i>Heteromastus filiformis</i>	16,00
	Cerambicydae	14,29		<i>Isolda pulchella</i>	12,00
	Fam. Arcidae sp1	4,76		<i>Mediomastus</i> sp	12,00
dic-12	<i>Perinereis nuntia</i>	14,71	jul-13	<i>Heteromastus filiformis</i>	42,86
	<i>Heteromastus filiformis</i>	11,76		Cerambicydae	14,29
	<i>Mediomastus</i> sp	11,76		<i>Mediomastus</i> sp	14,29
	<i>Neanthes</i> sp1	8,82		Blattidae	7,14
ene-13	<i>Heteromastus filiformis</i>	26,67	ago-13	<i>Mediomastus</i> sp	16,67
	<i>Mediomastus</i> sp	20,00		<i>Pectinaria chilensis</i>	11,11
	<i>Gasteropodo indeterminado</i>	13,33		<i>Sphenia fragilis</i>	11,11
	<i>Alpheus</i> sp	6,67		<i>Dipolydora</i> sp	5,56
	<i>Lepidonotus croslandi</i>	6,67		<i>Heteromastus filiformis</i>	5,56
mar-13	<i>Mediomastus</i> sp	41,76	sep-13	<i>Heteromastus filiformis</i>	16,00
	<i>Notomastus hemipodus</i>	19,78		<i>Mediomastus</i> sp	16,00
	<i>Heteromastus filiformis</i>	12,09		<i>Perinereis nuntia</i>	12,00
	<i>Perinereis nuntia</i>	7,69		<i>Corbula nasuta</i>	8,00
abr-13	<i>Notomastus hemipodus</i>	30,00	oct-13	<i>Heteromastus filiformis</i>	28,57
	<i>Neanthes</i> sp1	11,67		<i>Mediomastus</i> sp	28,57
	<i>Capitella capitata</i>	10,00		<i>Perinereis nuntia</i>	28,57
	<i>Mytella</i> sp	8,33		<i>Dipolydora socialis</i>	14,29
may-13	<i>Notomastus hemipodus</i>	28,00	nov-13	<i>Mediomastus</i> sp	23,08
	<i>Mediomastus</i> sp	16,00		<i>Perinereis nuntia</i>	23,08
	<i>Dipolydora</i> sp	8,00		<i>Notomastus hemipodus</i>	15,38
	<i>Heteromastus filiformis</i>	8,00		<i>Prionospio multibranchiata</i>	15,38
	<i>Neanthes</i> sp1	8,00		<i>Dipolydora</i> sp	7,69

Entre las dos estaciones comparten las siguientes especies dominantes: *Mediomastus* sp., *Heteromastus filiformis*, *Perinereis nuntia*. En La Envidia domina entre abril a junio *Notomastus hemipodus*, pero no logra ser dominante en ningún mes en Corral de Coches.

#### **V.2.4.2 Análisis de Diversidad**

##### **V.2.4.2 .1 Corral de Coches**

Los índices de Shannon-Wiener, número de individuos y la riqueza tuvieron sus máximos valores en diciembre del año 2012, estos decaen desde diciembre, aunque sube en agosto. Para el número de especies y para la abundancia, disminuye desde la época de lluvias y sube en setiembre del 2013. Para la abundancia sus máximos valores están entre los meses de noviembre 2012 y 2013 (Tabla 10).

**Tabla 10. Promedios mensuales de los Índices de diversidad para la estación Corral de Coches.**

<b>Meses</b>	<b>Shannon-Wiener</b>	<b>Número de especies</b>	<b>Abundancia</b>
nov-12	0,23	1,33	1,56
dic-12	1,17	5,44	14,78
ene-13	0,81	1,59	2,59
mar-13	0,52	1,78	2,56
abr-13	0,59	1,78	2,56
may-13	0,57	1,89	2,33
jun-13	0,54	2,22	2,56
jul-13	0,86	2,78	3,44
ago-13	0,80	2,57	4,23
set-13	0,58	2,89	5,11
oct-13	0,19	1,00	3,11
nov-13	0,46	1,51	1,95

#### **V.2.4.2 .2. La Envidia**

El índice de Shannon-Wiener tuvo su máximo valor en abril del 2013. El número de especies tuvo sus máximos valores en marzo y abril del año 2013. La abundancia tuvo su máximo valor en marzo del año 2013 (Tabla 11).

**Tabla 11. Promedios mensuales de los Índices de diversidad para la estación La Envidia**

<b>Meses</b>	<b>Shannon-Wiener</b>	<b>Número de especies</b>	<b>Abundancia</b>
nov-12	0,30	1,00	1,67
dic-12	0,71	2,44	3,44
ene-13	0,47	1,50	1,83
mar-13	0,87	3,56	10,11
abr-13	1,05	3,56	6,67
may-13	0,49	2,00	2,78
jun-13	0,74	2,22	2,78
jul-13	0,32	0,78	1,23
ago-13	0,45	1,67	2,11
set-13	0,67	2,11	2,78
oct-13	0,07	0,44	0,56
nov-13	0,33	1,11	1,44

#### **V.2.4.2 .3 Análisis de la diversidad en el biotopo del cangrejo del manglar**

Para el índice de Shannon-Wiener no se encontró diferencias significativas entre las estaciones de muestreo (Prueba T,  $p\text{-value} > 0.05$ ). En estos dos casos se cumplieron los supuestos estadísticos (normalidad de los residuales y homogeneidad de varianzas). Para el número de individuos y la riqueza, se tuvo que usar la prueba de Mann Whitney, por no cumplir el supuesto de normalidad. En ambos casos no se hallaron diferencias significativas entre las estaciones de muestreo (Mann-Whitney,  $p\text{-value} > 0.05$ ).

Por lo que se puede decir que ambas estaciones en índices de diversidad son semejantes.

### V.3 Zonación de la comunidad del macrobentos intermareal

El 46,05% de las especies se concentra con mayor proporción en el nivel inferior (frecuencia mayor a 50%). El 34,21% de las especies se encuentra más concentrado en el nivel medio; mientras que el 19,74% de las especies se concentra en el nivel superior. Para las especies no se encontró zonación en los 3 niveles en biotopo del cangrejo del manglar del SNLMT dado que se encontró 13 especies que sólo estaban en el nivel inferior, 11 en el medio y 8 en el nivel superior. Pero todas estas especies aparecen como máximo 3 veces, de 36 posibilidades para cada nivel, por lo que son poco frecuentes (Tabla 12).

**Tabla 12. Las especies por cada nivel en las dos estaciones de muestreo**

<b>Especies</b>	<b>Inferior</b>	<b>Medio</b>	<b>Superior</b>
<i>Alpheus</i> sp.	50.00	0.00	50.00
<i>Anadara tuberculosa</i>	0.00	50.00	50.00
<i>Aracia</i> sp.	0.00	0.00	100.00
<i>Axiothella rubrocincta</i>	50.00	0.00	50.00
Fam. Arcidae sp1	100.00	0.00	0.00
Fam. Arcidae sp2	100.00	0.00	0.00
Blattidae	0.00	100.00	0.00
<i>Branchiosyllis exilis</i>	0.00	0.00	100.00
<i>Capitella capitata</i>	33.33	25.00	41.67
<i>Capitella</i> sp	33.33	66.67	0.00
<i>Cerambicydae</i>	66.67	33.33	0.00
<i>Cerithidea</i> sp.	0.00	50.00	50.00
<i>Chaetozone</i> sp1	50.00	33.33	16.67
<i>Corbula nasuta</i>	40.00	40.00	20.00
<i>Detracia</i> sp2	50.00	50.00	0.00
<i>Dipolydora socialis</i>	50.00	25.00	25.00
<i>Dipolydora</i> sp	62.50	12.50	25.00
<i>Dolichopodidae</i>	0.00	0.00	100.00
Fam. Potamididae sp.1	100.00	0.00	0.00
<i>Hermundura fauveli</i>	100.00	0.00	0.00
<i>Heteromastus filiformis</i>	44.90	34.69	20.41
<i>Heteroptera</i>	0.00	0.00	100.00
<i>Insecta indeterminado</i>	100.00	0.00	0.00
<i>Isolda pulchella</i>	71.43	28.57	0.00
<i>Lanice</i> sp	0.00	50.00	50.00
<i>Leitoscoloplos foliosus</i>	50.00	0.00	50.00
Lepidonotidae 2	100.00	0.00	0.00
Lepidonotidae A	0.00	100.00	0.00

<i>Lepidonotus crosslandi</i>	50.00	12.50	37.50
<i>Mediomastus</i> sp	38.30	36.17	25.53
<i>Mytella guyanensis</i>	50.00	16.67	33.33
<i>Mytella</i> sp	33.33	66.67	0.00
<i>Neanthes</i> sp1	63.16	31.58	5.26
<i>Neanthes</i> sp10	100.00	0.00	0.00
<i>Neanthes</i> sp9	50.00	50.00	0.00
Nemertea 1	41.67	41.67	16.67
Nemertea 2	0.00	62.50	37.50
Nemertea 3	14.29	28.57	57.14
Nemertea 4	60.00	40.00	0.00
Nemertea 5	100.00	0.00	0.00
<i>Nereis</i> cf <i>oligoalina</i>	0.00	0.00	100.00
<i>Notomastus hemipodus</i>	29.63	40.74	29.63
<i>Notomastus lineatus</i>	75.00	0.00	25.00
<i>Oligochaeta</i>	50.00	25.00	25.00
<i>Owenia collaris</i>	0.00	100.00	0.00
<i>Oxydromus</i> sp	33.33	66.67	0.00
<i>Panopeus</i>	100.00	0.00	0.00
<i>Pectinaria chilensis</i>	83.33	0.00	16.67
<i>Penaeidae</i> sp1	0.00	100.00	0.00
<i>Penaeidae</i> sp2	0.00	100.00	0.00
<i>Penaeidae</i> sp3	100.00	0.00	0.00
<i>Perinereis</i> cf. <i>rookeri</i>	0.00	100.00	0.00
<i>Perinereis nuntia</i>	38.30	46.81	14.89
<i>Phoronis</i> sp	100.00	0.00	0.00
Phyllodocidae 1	0.00	100.00	0.00
<i>Pinixa valerii</i>	0.00	100.00	0.00
<i>Podarkeopsis brevipalpa</i>	100.00	0.00	0.00
<i>Podarkeopsis</i> sp	0.00	0.00	100.00
<i>Polycirrus</i> sp	0.00	100.00	0.00
<i>Polydora</i> sp.	50.00	50.00	0.00
<i>Prionospio multibranchiata</i>	26.09	47.83	26.09
<i>Prionospio</i> sp	0.00	0.00	100.00
<i>Psychodidae</i>	0.00	0.00	100.00
<i>Rullierinereis</i> sp.	18.18	54.55	27.27
<i>Sabellidae</i> 1	0.00	100.00	0.00
<i>Schistomeringos annulata</i>	20.00	60.00	20.00
<i>Scoletoma</i> sp	50.00	25.00	25.00
<i>Sigambra tentaculata</i>	0.00	50.00	50.00
<i>Sipuncula</i>	0.00	100.00	0.00
<i>Sphenia fragilis</i>	57.14	28.57	14.29
<i>Syllis</i> sp	0.00	33.33	66.67
<i>Synelmis albin</i>	0.00	100.00	0.00
<i>Tagelus</i> sp	33.33	0.00	66.67

<i>Talitridae</i>	50.00	0.00	50.00
<i>Tharyx</i> sp	50.00	50.00	0.00

En las dos estaciones las especies perennes fueron los poliquetos *Heteromastus filiformis*, *Mediomastus* sp., *Notomastus hemipodus*, *Perinereis nuntia* y *Prionospio multibranchiata*. Estas especies aparecen en menor proporción en el nivel superior, en todos los casos las frecuencias entre el nivel inferior y el medio supera el 70% (Tabla 13).

**Tabla 13. Frecuencia (%) de las especies perennes en el biotopo del cangrejo del manglar**

<b>Especies</b>	<b>Inferior</b>	<b>Medio</b>	<b>Superior</b>
<i>Heteromastus filiformis</i>	44,90	34,69	20,41
<i>Mediomastus</i> sp.	38,30	36,17	25,53
<i>Notomastus hemipodus</i>	29,63	40,74	29,63
<i>Perinereis nuntia</i>	38,30	46,81	14,89
<i>Prionospio multibranchiata</i>	26,09	47,83	26,09

#### **V.4. Cambios de la estructura comunitaria del macrobentos a lo largo del ciclo anual y su relación con las fluctuaciones de los parámetros ambientales**

##### **V.4.1. Abundancia**

El phylum Annelida tuvo la mayor abundancia representa el 84.35 % del total de individuos, seguido por Mollusca con el 6.23 %, Nemertea representa el 5.14%, Arthropoda el 4.03%, Sipuncula el 0,24% y Phoronida el 0,12%. (Anexo 4)

##### **V.4.1.1 Corral de Coches**

Para la estación Corral de Coches, la mayor densidad fue para Annelida con 6096 ind/m<sup>2</sup> en toda la serie de tiempo, para el mes de diciembre del año 2012, seguido de enero del 2013. El segundo phylum con mayor densidad fue Mollusca con 677 ind/m<sup>2</sup> en diciembre del año 2012 (Figura 16).

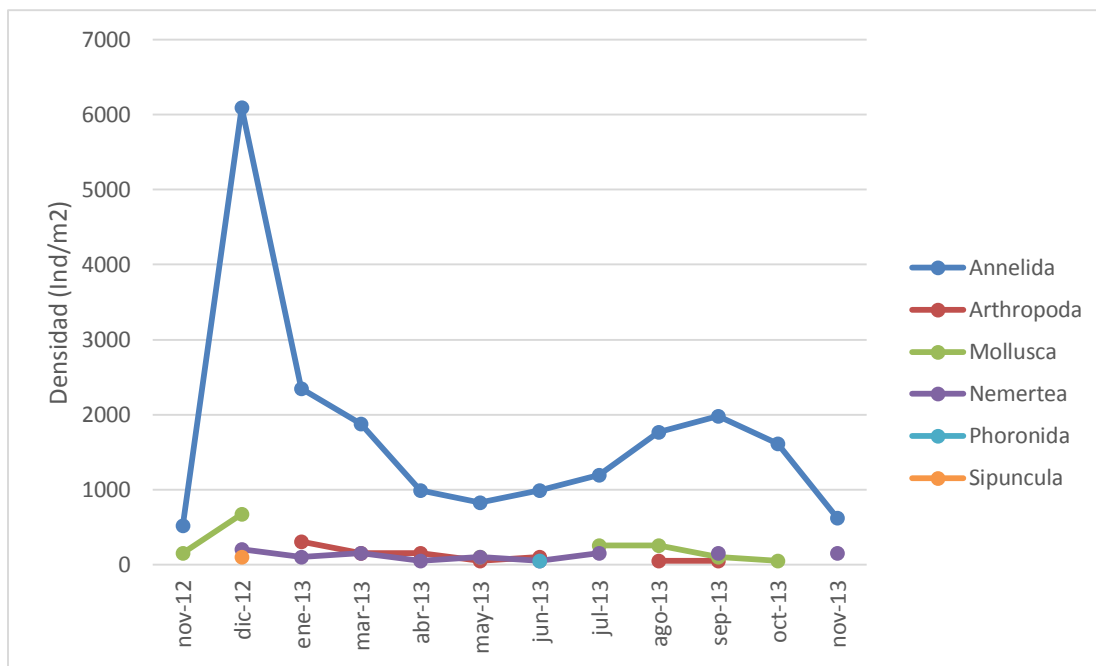


Figura 16 .La abundancia de los macroinvertebrados bentónicos para la estación Corral de Coches.

#### V.4.1.2 La Envidia

Annelida tuvo la mayor densidad en el mes de marzo con 4376 ind/m<sup>2</sup>. El Phylum Mollusca tuvo la mayor densidad, con 365 ind/m<sup>2</sup> en abril (Fig. 17).

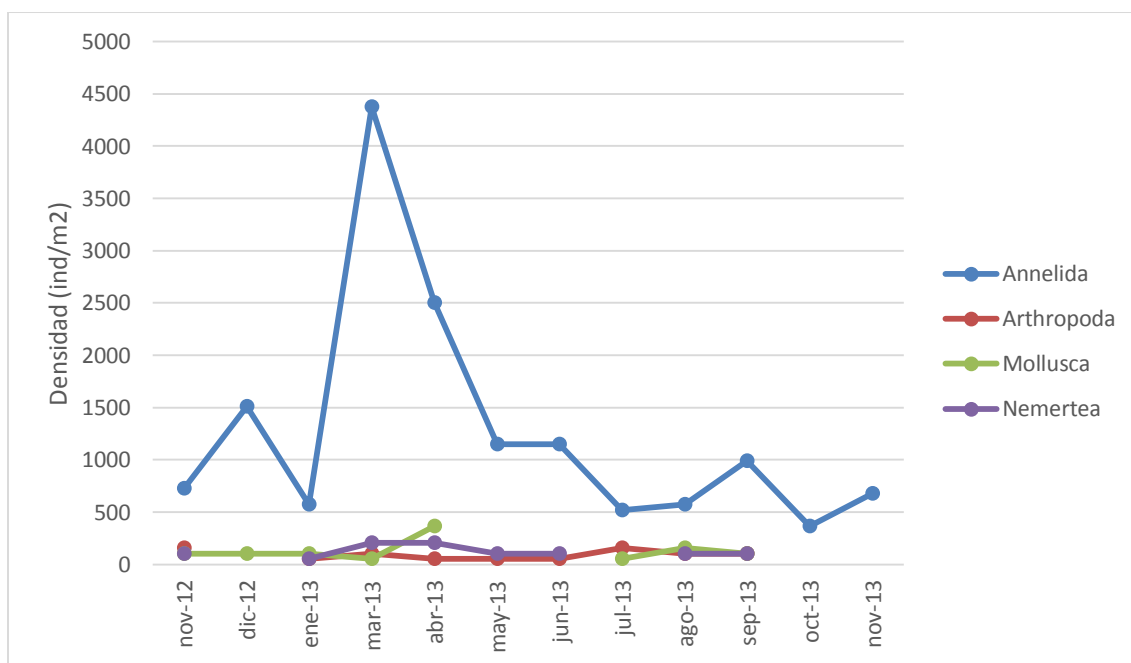


Figura 17. Densidad de los macroinvertebrados bentónicos para La Envidia.



#### **V.4.1.3 Comparación de las densidades de los macroinvertebrados bentónicos en el biotopo del cangrejo del manglar**

Para todo el periodo evaluado se encontraron diferencias significativas para las densidades entre las estaciones de muestreo (PERMANOVA,  $F=1.83$ ,  $p\text{-value} < 0.05$ ). Las estaciones de muestreo difieren en cuanto a la abundancia.

#### **V.4.1.4 Variación de la Biomasa**

En todo el período de muestreo, la biomasa tuvo variaciones entre las dos estaciones. En Corral de Coches la biomasa es máxima en diciembre del año 2012 con  $408,68 \text{ g/m}^2$  luego disminuye. Para la Envidia, la biomasa es máxima en abril del 2013 con  $249,11 \text{ g/m}^2$ , luego declina (Anexo 4).

Entre las estaciones Corral de Coches y la Envidia si hay diferencias significativas en la biomasa durante el período de muestreo (PERMANOVA,  $F=2.508$ ,  $p\text{-value} < 0.05$ ).

#### **V.4.2 Variación temporal para las especies permanentes y dominantes para el biotopo del cangrejo del manglar en el SNLMT**

En Corral de Coches el análisis de las cinco especies permanentes y dominantes en el tiempo demuestran que dichas oscilaciones son distintas en todos los casos, *Mediomastus* sp., *Notomastus hemipodus*, *Heteromastus filiformis* y *Prionospio multibranchiata* alcanzan sus valores máximos en el mes de diciembre; por otro lado *Perinereis nuntia* tiene dos máximos de abundancia: diciembre del 2012 y agosto del 2013.

Para la Envidia, las especies *Mediomastus* sp. y *Heteromastus filiformis* llegaron a su máximo de abundancia en marzo del 2013, la especie *Notomastus hemipodus* en marzo y abril, *Perinereis nuntia* en la transición de noviembre-diciembre del 2012 y en marzo del 2013, *Prionospio multibranchiata* tuvo valores bajos y no presentó máximos.

#### V.4.2.1. *Mediomastus* sp.

Para la estación Corral de Coches, la especie llega a su máximo de abundancia en diciembre del 2012, y de allí declina su abundancia. Su riqueza aumenta en la temporada seca y declina en la transición a la época de lluvia. En La Envidia, esta especie mantiene una riqueza baja en los primeros meses, y llega a su máxima abundancia para marzo del 2013 (Fig 18). Estas variaciones están confirmadas estadísticamente con el modelo lineal generalizado mixto de Poisson (Fig. 19)

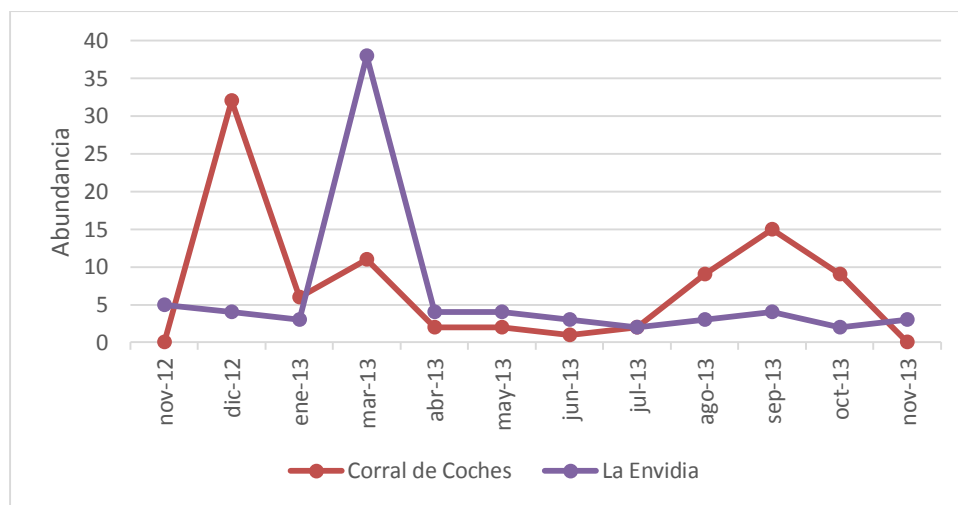


Figura 18. Variación de la riqueza para *Mediomastus* sp. en el biotopo del cangrejo del manglar

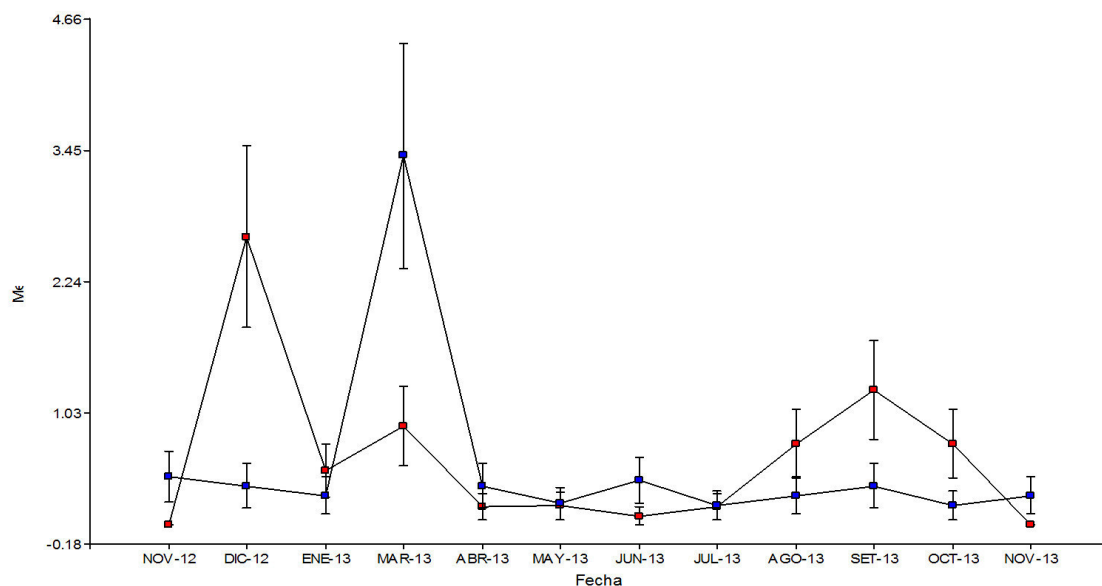


Figura 19. Estimación de la variación para *Mediomastus* sp. en el biotopo del cangrejo del manglar mediante modelo lineal generalizado mixto de Poisson

#### V.4.2.2. *Heteromastus filiformis*

Para la estación Corral de Coches, la especie llega a su máximo de abundancia en diciembre del 2012 (21 individuos), y de allí declina su abundancia, aunque a final de la época de lluvia aumenta su densidad poblacional, aunque decae en la transición y luego se mantiene estable. En La Envidia, esta especie mantiene una riqueza baja en los primeros meses, y llega a su máxima abundancia para marzo del 2013 (11 individuos), luego declina y se mantiene estable (Fig. 20). Estas variaciones son confirmadas estadísticamente con el modelo lineal mixto de Poisson (Fig. 21).

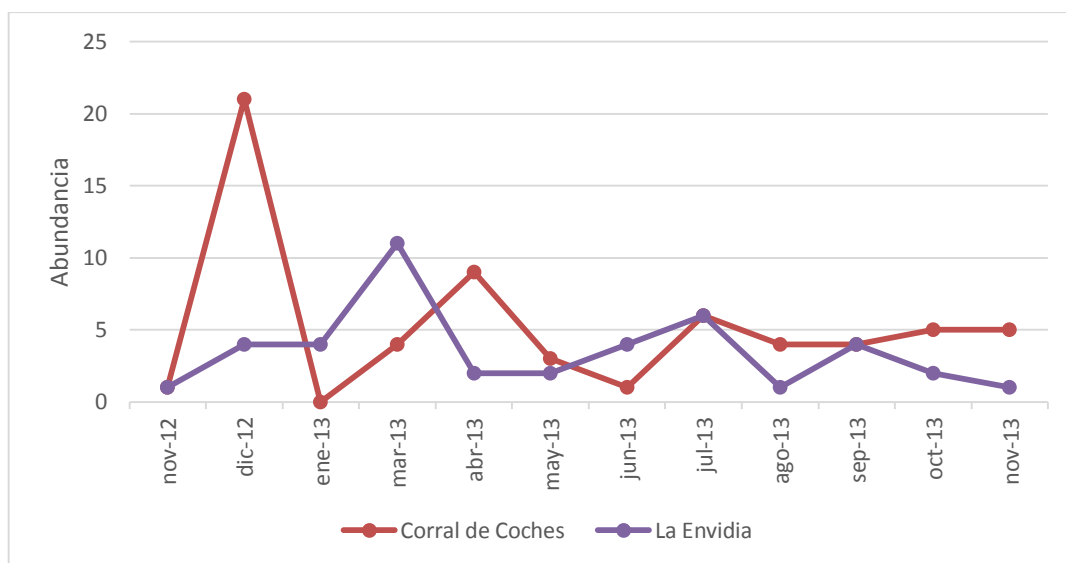


Figura 20. Variación de la riqueza para *Heteromastus filiformis* en el biotopo del cangrejo del manglar

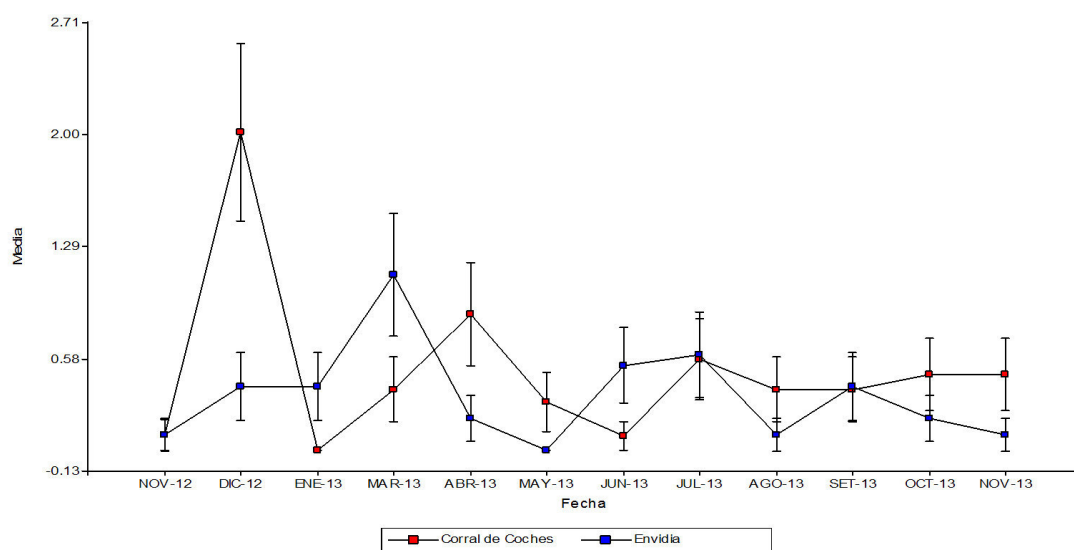


Figura 21. Estimación de la variación para *Heteromastus filiformis* en el biotopo del cangrejo del manglar mediante modelo lineal generalizado mixto de Poisson

#### V.4.2.3. *Perinereis nuntia*

Para la estación Corral de Coches, la especie llega a su máximo de abundancia en diciembre del 2012 (13 individuos), y de allí declina su abundancia hasta la época seca que logra aumentar su abundancia (agosto 2013), luego declina en la transición a la época lluviosa. En La Envidia, la especie declina en la transición a la época de lluvia, y en marzo alcanza su máximo en abundancia, luego declina totalmente en abril, de mayo hacia adelante se mantiene estable (Fig. 22). Estas variaciones son confirmadas estadísticamente con el modelo lineal mixto de Poisson (Fig. 23)

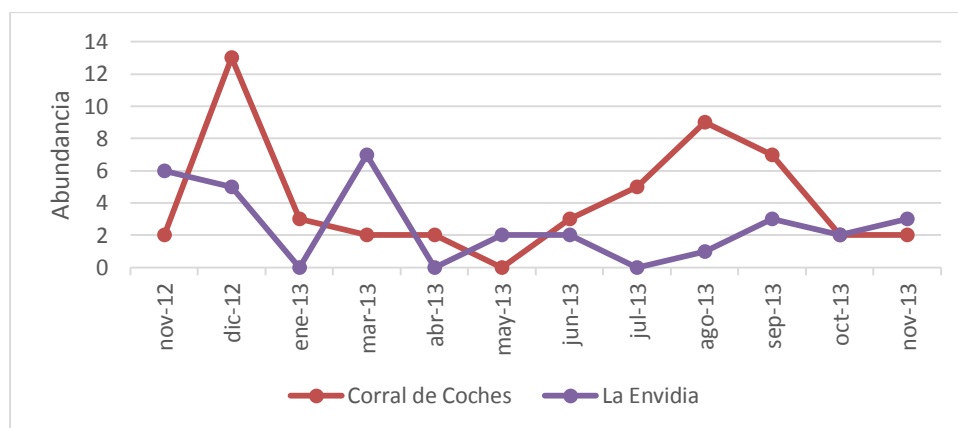


Figura 22. Variación de la riqueza para *Perinereis nuntia* en el biotopo del cangrejo del manglar

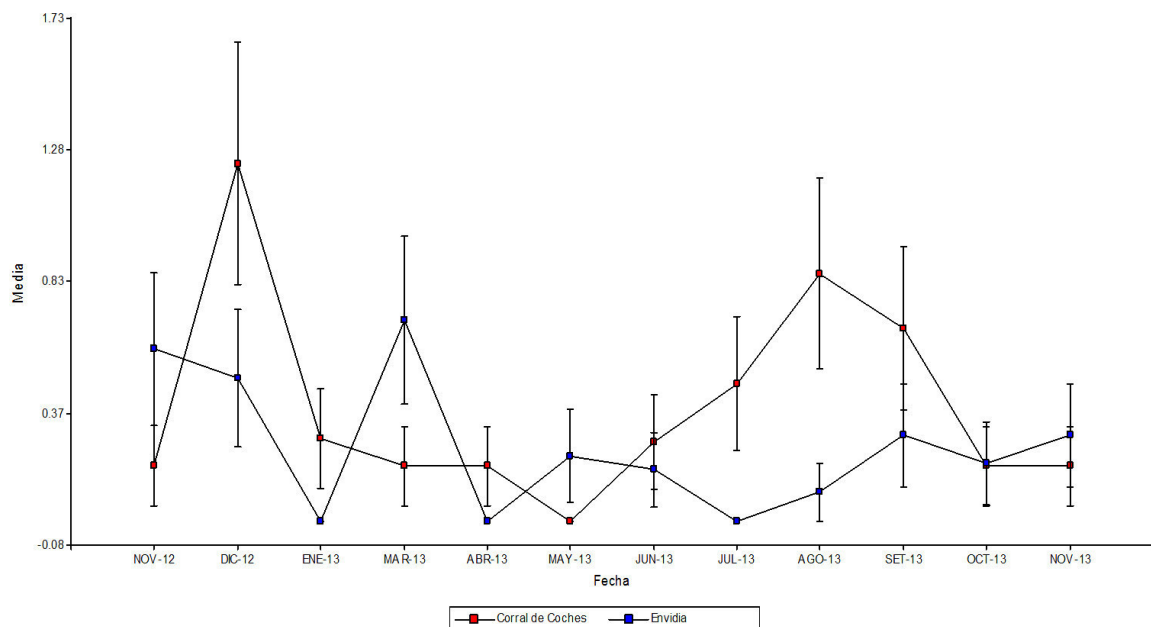


Figura 23. Estimación de la variación para *Perinereis nuntia* en el biotopo del cangrejo del manglar mediante modelo lineal generalizado mixto de Poisson

#### V.4.2.4. *Prionospio multibranchiata*

Para la estación Corral de Coches, la especie llega a su máximo de abundancia en diciembre del 2012 (14 individuos), y de allí declina su abundancia durante la época lluviosa, luego desde mayo a octubre se mantiene estable. En La Envidia, sus valores son muy bajos, manteniéndose estable en el período de muestreo (Fig. 24). Estas variaciones son confirmadas estadísticamente con el modelo lineal mixto de Poisson (Fig. 25).

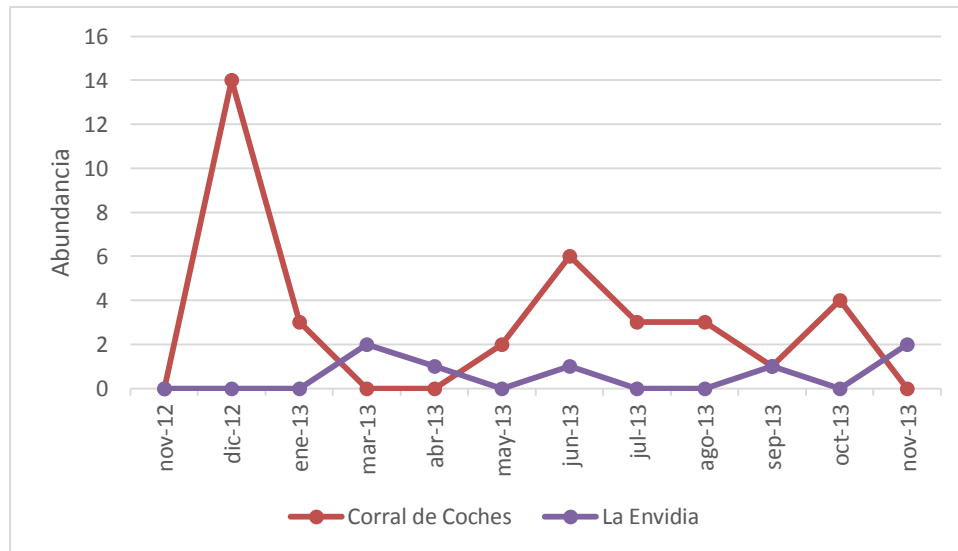


Figura 24. Variación de la riqueza para *Prionospio multibranchiata* en el biotopo del cangrejo del manglar

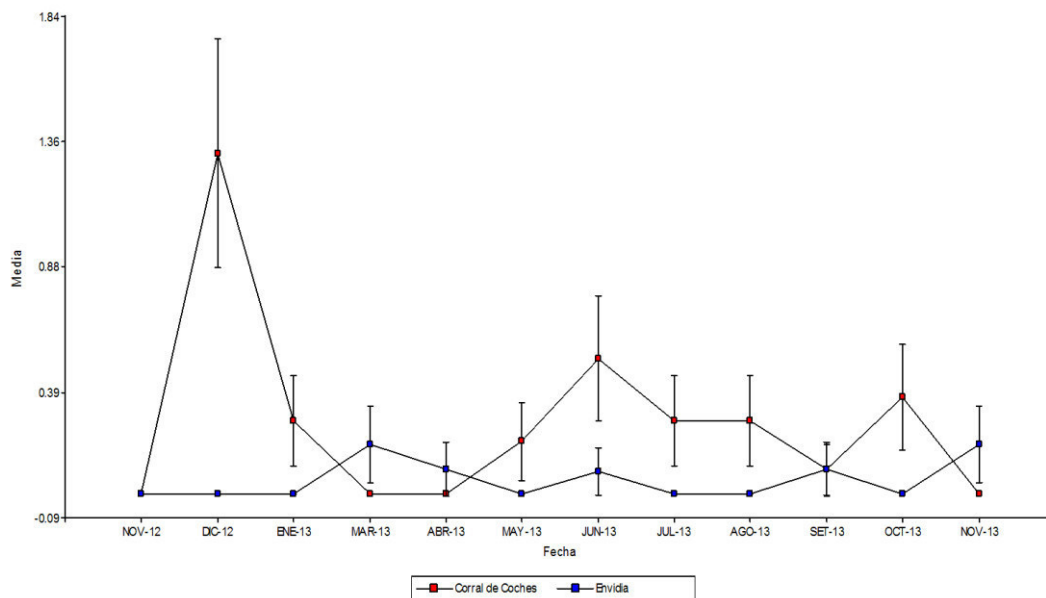


Figura 25. Estimación de la variación para *Prionospio multibranchiata* en el biotopo del cangrejo del manglar mediante modelo lineal generalizado mixto de Poisson

#### V.4.2.5 *Notomastus hemipodus*

Para la estación Corral de Coches, la especie llega a su máximo de abundancia en diciembre del 2012 (6 individuos), y de allí declina su abundancia durante la época lluviosa y se mantiene estable. En La Envidia, sus valores máximos se dan entre marzo y abril del 2014, declinan en mayo (aunque no significativamente), pero en los otros meses se mantiene con valores bajos (Fig. 26). Estas variaciones son confirmadas estadísticamente con el modelo lineal mixto de Poisson (Fig. 27)

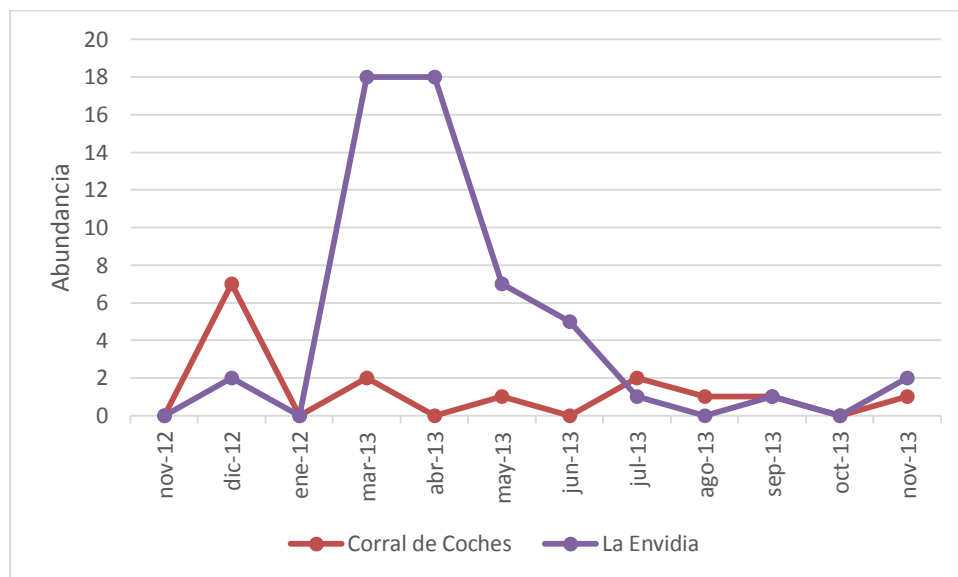


Figura 26. Variación de la riqueza para *Notomastus hemipodus* en el biotopo del cangrejo del manglar

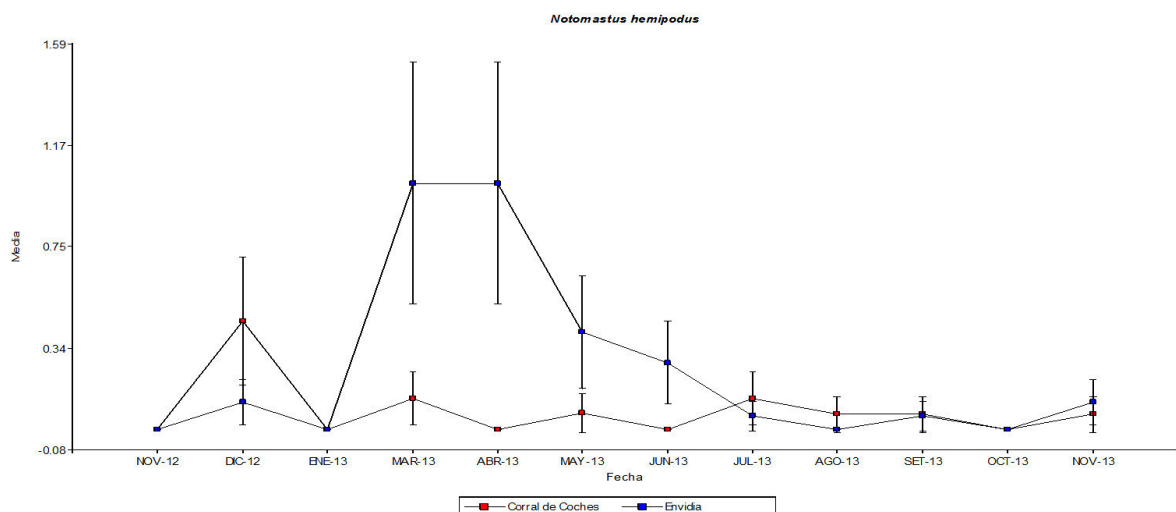


Figura 27. Estimación de la variación para *Notomastus hemipodus* en el biotopo del cangrejo del manglar mediante lineales mixto de Poisson

**Tabla 14. Valores del total de Individuos (N) y la varianza (Deviance)**

N	Deviance	Especie	Deviance/N
216	136,16	<i>Prionospio multibranchiata</i>	0,630
216	228,81	<i>Heteromastus filiformis</i>	1,059
216	175,14	<i>Perinereis nuntia</i>	0,811
216	299,29	<i>Mediomastus</i> sp.	1,386
216	184,9	<i>Notomastus hemipodus</i>	0,856

En los cuatro modelos evaluados, el cociente del Deviance/N es cercano o inferior a 1, lo cual indica un buen ajuste del modelo (Tabla 14).

#### **V.4.3. Análisis del biotopo de *Ucides occidentalis***

Tanto las estaciones Corral de Coches como la Envidia presentan las mismas especies permanentes: *Mediomastus* sp, *Heteromastus filiformis*, *Perinereis nuntia*, *Prionospio multibranchiata*. Se analizaron las dos estaciones de muestreo por separado, dado que son diferentes significativamente en abundancia (apartado V.4.1.3), no hay zonación en este biotopo (apartado V.3) y las especies dominantes tienen diferentes oscilaciones en el tiempo (apartado V.4.2).

##### **V.4.3.1. Corral de Coches**

La estación Corral de Coches demuestra una clara estacionalidad, este agrupamiento es confirmado por la prueba NMDS y por la prueba PERMANOVA, que muestra diferencias significativas para las dos épocas. Dado que existen diferencias significativas, se aplicó la prueba SIMPER.

En cuanto a la relación con los parámetros físico-químicos con la abundancia de las especies dominantes, no se encontró una correlación significativa (Correlación Canónica,  $p\text{-trace} > 0.05$ )

#### V.4.3.1.1. NMDS

Para el análisis NMDS se ve una clara agrupación para la época seca, la época lluvia está dispersa, la segunda transición también se ve agrupada. (Fig. 28).

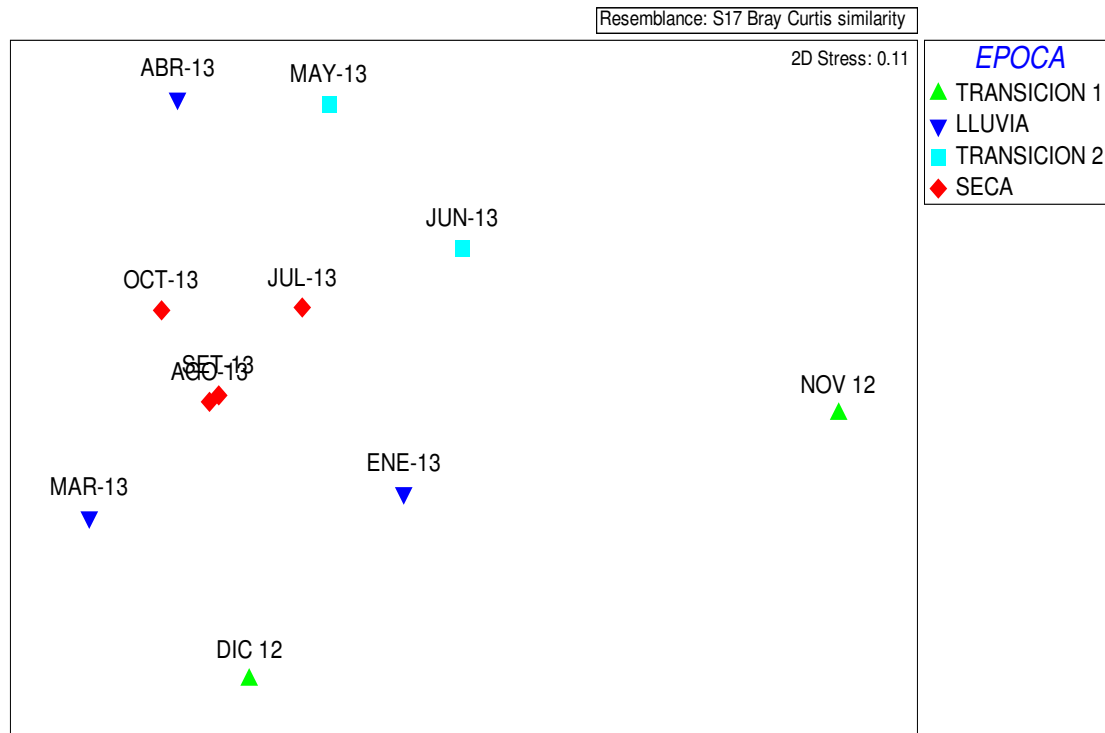


Figura 28. Análisis de NMDS para Corral de Coches

#### V.4.3.1.2. PRUEBA PERMANOVA -SIMPER

Hay diferencias entre las épocas lluviosa y seca entre las dos estaciones de muestreo (PERMANOVA,  $F=2.97$ ,  $p\text{-value} < 0.05$ ).

La prueba SIMPER encontró una disimilaridad del 66.49 % para las épocas lluviosa y seca. Las especies que marcan la diferencia son *Mediomastus* sp. (10.69%), *Capitella capitata* (7.94%), *Perinereis nuntia* (7.021%), *Heteromastus filiformis* (6.633%) y *Rullierinereis* sp. (5.294%) (Anexo 5).



#### V.4.3.1.3. Correspondencia Canónica

Para Corral de Coches, la prueba de Correspondencia Canónica no fue significativa ( $p\text{-trace} > 0.05$ ). No se encuentra una correlación entre las variables físico-químicas (salinidad, TDS y temperatura) y las variables bióticas (abundancia para las especies dominantes).

#### V.4.3.2. La Envidia

La estación Envidia no demuestra una marcada estacionalidad, lo cual es apoyado por la prueba NMDS, la cual no demuestra agrupación y por la prueba PERMANOVA, que no encontró diferencias significativas marcadas para las dos épocas.

##### V.4.3.2.1. NMDS

Para el análisis NMDS no se ve una clara agrupación para la época seca, ni para la época lluviosa. Sólo se agrupan claramente los de la transición 2: mayo-junio del 2013 (Fig. 29).

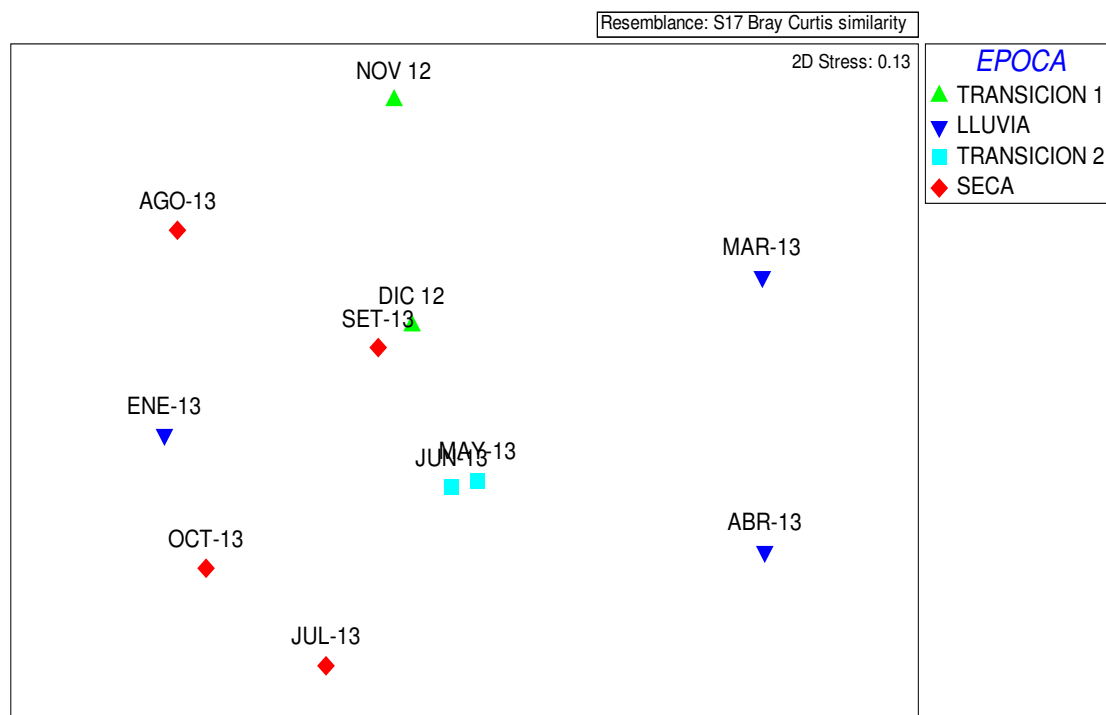


Figura 29. Análisis del NMDS para La Envidia

#### V.4.3.2.2. PRUEBA PERMANOVA

No hay diferencias entre las épocas lluviosa y seca entre las dos estaciones de muestreo (PERMANOVA,  $F=0.75$ ,  $p\text{-value} > 0.05$ ).

#### V.4.3.2.3. Correspondencia Canónica

Para La Envidia, la prueba de Correspondencia Canónica salió significativa ( $p\text{-trace} < 0.05$ ). Existe relación entre las variables físico-químicas (salinidad, TDS y temperatura) y las variables bióticas (abundancia para las especies dominantes). En el triplot se presenta las variables ambientales, los meses y las especies dominantes. El total de sólidos disueltos y la conductividad se relacionan más con el mes de diciembre del 2012, setiembre, octubre y noviembre del 2013, y con la especie *Perinereis nuntia*. La conductividad y los sólidos disueltos se relacionarían con la abundancia de *Heteromastus filiformis* (Fig. 30).

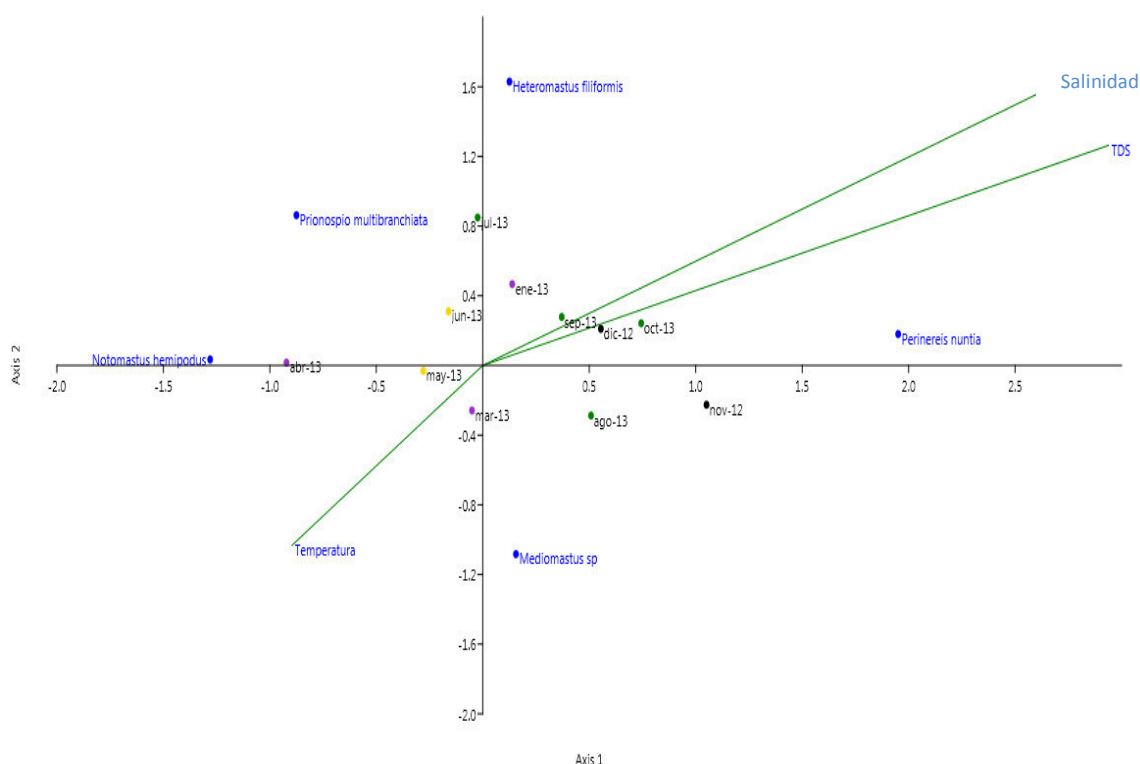


Figura 30. Triplot de la Correlación Canónica para la Envidia

## VI. DISCUSIÓN

La hipótesis de investigación de que la estructura comunitaria de la infauna macrobentónica del intermareal de los bancos del “cangrejo del manglar”, *Ucides occidentalis*, presenta variación en su composición y estructura en función al ciclo anual fue validada en esta investigación, tal como lo demuestra los análisis del acápite V.4.2, donde se demuestra que las especies dominantes varían en el tiempo de manera significativa. La hipótesis de zonación, no fue corroborada en el presente trabajo, siempre son las mismas especies en los 3 niveles estudiados.

### **A) Evaluación de la biodiversidad en la comunidad de macrobentos del intermareal en el biotopo del cangrejo del manglar**

Para el biotopo del cangrejo del manglar, los poliquetos son los dominantes, frecuentes y con mayor riqueza respecto a los otros taxones (representan el 84,35% de toda la abundancia de especies), así como también tuvieron la mayor cantidad de especies (43 de 75 especies). Esto coincide con lo hallado en los manglares de Jiquilisco, en el Salvador, también Polichaeta fue dominante en riqueza y número de especies (Rivera, 2010).

En los manglares Darwin Harbour, en Australia, del total de 76 especies, 68 fueron poliquetos; en abundancia por muestra entre 80-96% fueron poliquetos (Metcalf & Glasby, 2008). La preponderancia de poliquetos a nivel del número de especies también se da en el biotopo del cangrejo del manglar, pero en menor proporción (43 de 75 especies), respecto a los manglares de Darwin Harbour.

En el biotopo del cangrejo del manglar, siempre dominaron los poliquetos, seguidos por los bivalvos y nemertinos. Estos resultados coinciden con lo encontrado en los manglares de Kachchh-Gujarat (India), la dominancia estuvo dada en este orden: poliquetos, crustáceos y moluscos (Saravanakumar *et al.*, 2007).

Los cangrejos del manglar modifican la estructura física, condiciones de transporte y la química del sustrato, y al hacerlo, puede cambiar la disponibilidad de recursos para los microorganismos asociados, la fauna y las comunidades vegetales. Estos ingenieros ecosistémicos pueden afectar las reacciones bioquímicas del medio, logrando afectar la disponibilidad de carbono y nutrientes, hasta afectar condiciones como Redox y la temperatura (Kristensen, 2008). Los ingenieros ecosistémicos como *Anadara tuberculosa* y *Ucides occidentalis* forman estructuras comunitarias y tróficas diferentes, en los manglares de Tumbes, río Zarumilla (Cabanillas *et al.*, 2016).

En el biotopo del cangrejo del manglar, las familias predominantes de poliquetos fueron: Capitellidae, Nereididae y Spionidae, entre las 3 familias representan el 70,41% del total de abundancia. La familia Capitellidae es la más abundante y representa aproximadamente el 45,47% de la abundancia, Nereididae representa el 16,25% y Spionidae el 8,67%. Estos resultados coinciden con lo encontrado en el manglar de Darwin Harbour, en el noreste de Australia se encontró que los poliquetos son los dominantes, y las familias predominantes fueron: Nereididae, Capitellidae y Spionidae, lo cual también ha sido encontrado en otros manglares (Metcalf & Glasby, 2008). La misma dominancia de las familias Nereididae y Capitellidae es observada en los manglares de la Bahía de Jiquilisco (Rivera, 2010). También en el biotopo de la concha negra, *Anadara tuberculosa*, en los manglares del río Zarumilla, Tumbes; domina las familias Capitellidae y Nereididae (Cabanillas *et al.*, 2016).

La contaminación ambiental afecta la estructura macrobentónica disminuye la presencia de algunas especies y produce un aumento en la abundancia de los taxones oportunistas (Paixão *et al.*, 2011). Estudios en los manglares de Australia indican que el grupo trófico dominante son los herbívoros, aunque en zonas perturbadas habría mayor presencia de alimentadores de depósitos superficiales (Metcalf & Glasby, 2008).

A la familia Capitellidae (Polychaeta), se le suele considerar como indicadora de contaminación por materia orgánica (Fauchald, 1977; García & De León, 2011; Hernandez & Solis-Weiss, 1995). En los manglares de Jiquilisco se observó la preponderancia de *Capitella capitata* y *Neanthes* sp.(85.04% de todo el bentos) ambos son depositívoros superficiales, el estudio concluye que esta zona está altamente impactada por materia orgánica (Rivera, 2010).

Para los grupos tróficos, en el biotopo del cangrejo del manglar, el grupo con mayor abundancia fue alimentadores de depósitos superficiales (51,4% de toda la abundancia), también la especie *Capitella capitata* fue encontrada en ambas estaciones de muestreo. La Autoridad Nacional del Agua ha demostrado que la Cuenca del río Zarumilla sufre una gran contaminación del agua: 27 descargas de aguas residuales y 20 descargas de los campos langostineros, además de botaderos de residuos sólidos y letrinas sanitarias (Silva, 2013). Todo esto evidencia que el biotopo de *Ucides occidentalis* estaría siendo impactado por materia orgánica y posiblemente también físicamente por los cambios en el uso de suelo en el manglar por la actividad langostinera.

Para el biotopo del cangrejo del manglar se tiene posiblemente nuevas especies para la Ciencia: *Neanthes* sp.1; *Neanthes* sp.9 y *Neanthes* sp.10, *Rullierinereis* sp., *Scoletoma* sp., etc. Para los manglares, todavía se sigue describiendo nuevas especies, incluso en zonas bien estudiadas, como en los manglares de Singapur (Ashton *et al.*, 2003). Por esto es importante monitorear estas zonas, estos organismos son sésiles y sedimentarios, por lo que su estudio y monitoreo nos puede indicar cambios en el ecosistema (Farrapeira *et al.*, 2009).

En El Salvador, en el manglar del Sector Occidental de la Bahía de Jiquilisco, que es un manglar tropical, la especie dominante es *Capitella capitata* con 76,70%, la composición sedimentaria de este manglar es más arenosa (Rivera, 2010). Esto contrasta con el biotopo de *Ucides occidentalis*, en el SNLMT es compartida por varias especies de poliquetos: *Mediomastus* sp., *Heteromastus filiformis*, *Notomastus hemipodus*, *Perinereis nuntia* y *Prionospio multibranchiata*, ninguno de estos tiene una dominancia mayor de 42%.

A nivel mensual, los valores del índice de diversidad de Shannon para este estudio fueron bastante bajos, los máximos valores mensuales fueron de 1,05 bits en la Envidia, y 1,17 en Corral de Coches. En este biotopo hay muchas raíces viejas de *Rhizophora mangle*, las cuales se ha demostrado que producen muchos taninos, que podrían inhibir el desarrollo de los organismos bentónicos (Morrisey *et al.*, 2010). Esto explicaría los bajos índices de diversidad que se han encontrado en este biotopo del cangrejo del manglar. En otros manglares, la diversidad es mucho mayor, como el caso de manglares de Malasia, donde la diversidad de Shannon toma valores de 2.02 bits (Ashton *et al.*, 2003). En el golfo de Kachchh-Gujarat, también se encontró valores por encima de 1.86 bits (Saravanakumar *et al.*, 2007).

En el biotopo del cangrejo del manglar se produce la compactación de los suelos por la desecación a la cual está sometido este biotopo. La desecación es un factor limitante de las poblaciones de la comunidad macrobentónica (Beasley *et al.*, 2010; Metcalfe & Glasby, 2008).

#### **B) Patrón de zonación de la comunidad del macrobentos en la zona intermareal en el biotopo del cangrejo del manglar.**

En los manglares del noreste de Australia se encontró zonación para la comunidad macrobentónica, la cual se distribuía por la gradiente fisiológica relacionada con su tolerancia al stress ambiental (Dittmann, 2000).

En el intermareal, la fauna bentónica generalmente sigue una zonificación que dependen de varias condiciones ambientales, desde el nivel superior hasta el nivel inferior, se corresponde con los cambios en las propiedades del sedimento y la exposición a las olas. En los trópicos, la consolidación del suelo, el nivel de la capa freática y la sombra influyen más en la distribución de especies (Dittmann, 2000). En los patrones de zonación, en los manglares de Darwin Harbour, los sedimentos y el bentos se correlacionaron significativamente entre los hábitats, la familia Spionidae correlacionó con los sedimentos, aunque de forma débil (Chapman & Tolhurst, 2007).

En los manglares brasileños se evidenció una zonación vertical por factores físicos e interacciones biológicas, donde cada especie es más abundante en la

zona donde las condiciones favorecen su sobrevivencia (Farrapeira *et al.*, 2009). En los manglares del Jiquilisco en el Salvador, se evidenció que el flujo y reflujo de la marea tiene un efecto en la cantidad y calidad de luz, y provoca la zonación. Para el caso del biotopo del cangrejo del manglar, no se observó dicha zonación, las cinco especies dominantes y frecuentes aparecieron en los 3 niveles, aunque con mayor frecuencia en los niveles inferior y medio. Las especies que aparecen en un solo nivel fueron esporádicas. El flujo y reflujo aparentemente no afectaría la calidad de luz que llega al biotopo del cangrejo del manglar, por lo que no habría tal gradiente ambiental en las estaciones evaluadas, para marcar zonación.

### **c) Variación de la estructura comunitaria del macrobentos del intermareal a lo largo del ciclo anual**

La composición granulométrica entre ambas estaciones no varió entre las evaluaciones realizadas en el biotopo del cangrejo del manglar. Estos resultados hallados coinciden con las investigaciones realizadas por el Instituto Geofísico del Perú (IGP) en varios puntos de los manglares de Tumbes, en la Cuenca del Río Zarumilla (Takahashi & Martínez, 2015).

El tamaño del grano del sedimento es un factor que también influye mucho en la composición en las comunidades macrobentónicas en los manglares (Kathiresan & Bingham, 2001). Entre diferentes hábitats y dependiendo de las características de los sedimentos, puede haber grandes cambios en las comunidades macrobentónicas (Saravanakumar *et al.*, 2007).

En los manglares de Darwin Harbour (Australia) los parámetros comunitarios sí correlacionaron positivamente con la composición granulométrica del sedimento (Chapman & Tolhurst, 2007). La distribución de especies de gasterópodos dentro de un bosque de manglar está influenciada por: la luz, la exposición de las mareas, la salinidad y el tipo de sustrato.(Nagelkerken *et al.*, 2008).

El sustrato suave de manglar constituido en gran parte por arcilla y limo favorece la abundancia de los poliquetos, pero tiene un efecto adverso en animales excavadores y animales de madriguera, como los bivalvos (Saravanakumar *et al.*, 2007). Esto coincide con la estación Corral de Coches, donde predominaron los poliquetos, el sedimento fue predominantemente de composición de limo y arcilla, los bivalvos son un grupo con una abundancia muy inferior a los poliquetos.

En la Envidia, predominó más la arena en el sedimento, y aun así predominaron los poliquetos. Posiblemente otros factores que favorecen el predominio de poliquetos, entre estos: pH, régimen de mareas (Lee, 2008), oxígeno disuelto (Saravanakumar *et al.*, 2007). Otro factor que podría influir en la abundancia del macrobentos es la reducción del sedimento (Takahashi & Martínez, 2015).

En el biotopo del cangrejo del manglar para ambas estaciones, la temperatura del agua presentó mayores valores en la temporada húmeda respecto a la seca. Esto se debe a la insolación producida en los manglares de Tumbes. Estos resultados coinciden con el trabajo realizado por el IGP en los manglares de Tumbes (Takahashi & Martínez, 2015).

Las dos estaciones de muestreo, Corral de Coches y La Envidia, evaluadas en el biotopo del cangrejo del manglar, son distintas. Ambas estaciones de muestreo difieren significativamente en abundancia, las especies dominantes tienen diferentes oscilaciones en el tiempo en ambas estaciones; las abundancias varían entre las temporadas seca y lluvia para Corral de Coches pero no para la Envidia. Para Corral de Coches, no se halló correlación entre las abundancias con los parámetros físico-químicos (Correlación Canónica,  $p\text{-trace} > 0.05$ ), pero en La Envidia si se halló correlación (Correlación Canónica,  $p\text{-trace} < 0.05$ ). Las diferentes investigaciones, dan a los sedimentos como el principal factor que hace que las zonas sean distintas (Chapman & Tolhurst, 2007).

La salinidad actúa como un factor limitante en la distribución de los organismos vivos, y su variación causada por la dilución y la evaporación, influyen la fauna, en la zona intermareal (Saravanakumar *et al.*, 2007). En los manglares mexicanos asociados al *Rhizophora mangle*, se encontró que un ligero aumento



de temperatura y descenso de la salinidad favorece al incremento del número de organismos (Hernandez & Solis-Weiss, 1995). En el biotopo del cangrejo del manglar, este patrón también se repitió. En Corral de Coches para el mes de diciembre aumentó la temperatura y disminuyó la salinidad, todas las especies predominantes alcanzaron su máxima abundancia en esta fecha, la variación para ambas fue en dos unidades aproximadamente. Para La Envidia, en el mes de marzo aumenta ligeramente la temperatura y baja la salinidad, y todas las especies alcanzan su máxima abundancia (acápite V.4.2.). Aunque en otros meses ocurrió esto se observó las mismas variaciones y no se apreció aumento en abundancia, también se ha detectado que las variaciones de temperatura, salinidad y materia orgánica afectan a la abundancia del macrobentos (Hernandez & Solis-Weiss, 1995). En el presente estudio no se tiene datos de la variación de materia orgánica.

La Cuenca del río Zarumilla, donde se realizó el presente estudio, ha sido estudiada por el Instituto Geofísico del Perú, ha determinado que entre el 85% - 90% de las precipitaciones ocurren principalmente en los meses de enero a marzo (Morera & Flores, 2013). Estos datos son confirmados por el SENAMHI cuyos datos confirman que de enero hasta abril del año 2013 aumentaron las lluvias en la zona (Anexo 3). Para la estación Corral de Coches, la abundancia entre las épocas lluviosa y seca varió de manera significativa (Permanova,  $p\text{-value} < 0.05$ ).

Lo encontrado en Corral de Coches, coincide con lo encontrado en los manglares mexicanos, donde la distribución de los poliquetos a lo largo del año es muy variable, según la tolerancia que tengan a las variaciones ambientales (Hernandez & Solis-Weiss, 1995).

Los poliquetos mostraron diferencias anuales y estacionales respecto de la riqueza de especies y abundancia en los manglares de Darwin Harbour (Metcalf & Glasby, 2008). En el Salvador, en los manglares de Jiquilisco se encontró una clara oscilación respecto a la abundancia de la comunidad entre las épocas seca y lluviosa (Rivera, 2010). En el caso de La Envidia, no hubo variación entre las épocas seca y lluviosa para la abundancia, por lo que es posible que haya otros factores ambientales que influyan, posiblemente este factor sea el

sedimento (es más arenoso respecto a Corral de Coches). Aunque podría haber otros factores (pH, oxígeno disuelto) teniendo en cuenta que ambas estaciones están alejadas 5,85 km; por lo que sería posible hablar de variabilidad espacial entre ambas estaciones.

En La Envidia, con el aumento de las lluvias se produjo el aumento de poliquetos, en esta estación proliferó *Notomastus hemipodus*. Las lluvias podrían influir positivamente en la reproducción o reclutamiento de poliquetos, ya que estos aparecen con mayor abundancia (Hernandez & Solis-Weiss, 1995).

Hay que considerar que en los manglares la presencia de troncos, raíces y el sedimento fangoso o arenoso son verdaderas islas de hábitat, y además los organismos que viven en estos ecosistemas desarrollan mecanismos para resistir la desecación (Farrapeira *et al.*, 2009). Esto se ha observado en el biotopo del cangrejo de manglar, con su comunidad macrobentónica asociada, viven en un ambiente de desecación durante todo el año, oscilando sus abundancias durante el ciclo anual. En este estudio se ha demostrado que las cinco especies dominantes han variado de manera significativa en todo el período de evaluación.

Según los estudios realizados por Takahashi & Martínez (2015) modelos futuros de cambio climático podrían afectar a los manglares: elevación de la temperatura del agua, colmatación de los manglares, lo que afectaría la estructura sedimentaria, así como exportación de nutrientes fuera del ecosistema. La colonización de especies macrobentónica en estos manglares sería más difícil, por la destrucción de los biotopos sedimentarios. La presente investigación ha creado línea base para la comunidad macrobentónica en los Manglares del Río Zarumilla, Tumbes, en el biotopo del cangrejo del manglar, por lo que estos cambios futuros podrán estudiarse de manera más certera en este biotopo.

## **VII. CONCLUSIONES**

1. La comunidad macrobentónica asociada al cangrejo del manglar en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, en la Cuenca del Río Zarumilla está dominada por poliquetos. El grupo trófico dominante en la comunidad macrobentónica fue el de los alimentadores de depósitos superficiales. El biotopo del cangrejo del manglar presenta bajos índices de diversidad de Shannon-Wiener para la infauna macrobentónica.
2. En el biotopo del cangrejo del manglar, la comunidad macrobentónica no se observó patrón de zonación.
3. En la comunidad macrobentónica, las especies dominantes presentaron variaciones en su densidad y biomasa en el tiempo en ambas estaciones de muestreo. Sólo se demostró relación entre las variables bióticas y ambientales en La Envidia.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

- El presente trabajo ha creado línea base de la comunidad macrobentónica en el biotopo del cangrejo del manglar, por lo que se debe monitorear la estructura macrobentónica en el biotopo del cangrejo del manglar, en las estaciones de muestreo, para analizar los cambios de la comunidad ante eventos como el Niño, Cambio Climático, además de otros posibles agentes de la perturbación.
- Evaluar mayor cantidad de parámetros físico-químicos en los manglares, para poder comprender mejor la dinámica de las comunidades macrobentónicas y su relación con estos parámetros.
- Monitorear la calidad del agua, dado que en la zona de manglares del Ecuador hay mucha actividad de maricultura, además hay contaminación por actividad humana en la Cuenca del Río Zarumilla, que posiblemente esté afectando la calidad del agua en los Manglares de Tumbes.

## **IX. BIBLIOGRAFÍA**

Alongi, D. M. (2009). The Energetics of Mangrove Forests, pp. 1–3.

Amaral, A. C. (1980). Breve Caracterização dos gêneros da família Capitellidae grube (Annelida, Polychaeta) e descrição de *Nonatus longilieneus* gen. sp. nov. Boletim Do Instituto Oceanográfico, 29(1), pp. 99–106.

Anderson, M. J. (2006). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. Marine Ecology, (2001), pp. 32–46.

Ashton, E., Macintosh, D. & Hogarth, P. (2003). A baseline study of the diversity and community ecology of crab and molluscan macrofauna in the Sematan mangrove forest, Sarawak, Malaysia. Journal of Tropical Ecology, 19, pp. 127–134.

Beasley, C. R., Fernandes, M. E. B., Figueira, E. A. G., Sampaio, D. S., Melo, K. R. & Barros, R. S. (2010). Mangrove Infauna and Sessile Epifauna. In Mangrove Dynamics and Management in North Brazil, 211, pp. 114.

Buchanan, J. & Kain, J. (1971). Measurement of the physical and chemical environment. Holme N.A Y A.D. Mc Intyre (Eds):Methods for the Study of Marine Benthos. International Biological Program Handbook. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 16, pp. 30–58.

Cabanillas, R., Advíncula, O. & Gutiérrez, C. (2016). Diversidad de Polychaeta ( Annelida ) en el intermareal de los esteros del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes , Perú. Revista Peruana de Biología, 23(2), pp. 117–126.

Céspedes, L., & Flores, D. (2013). Extracción de recursos del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. En Identificación de servicios ecosistémicos en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, pp. 40.

Chapman, M. G. & Tolhurst, T. J. (2007). Relationships between benthic macrofauna and biogeochemical properties of sediments at different spatial scales and among different habitats in mangrove forests. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 343 (1), pp. 96–109.

Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18, pp. 117–143.

Clarke, K. R. & Warwick, R. M. (2001). *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2nd Edition. PRIMER-E, Plymouth, pp. 45–100.

Cuéllar, T. del C., Rivera, C. G. & Orellana, N. (2010). Capítulo VIII Caracterización Físico Química. En *El ecosistema de manglar de la bahía de Jiquilisco: Sector Occidental*, pp. 202.

Daniel, W. (2002). *Bioestadística: Base para el Análisis de las Ciencias de la Salud*. Editorial Limusa, pp. 230.

Day, J. H. (1967a). *A Monograph on the Polychaeta of Southern Africa. Part 1. Errantia*. Published by the Trustees of the British Museum (Natural History), London., 656, pp. 214–233.

Day, J. H. (1967b). *A Monograph on the Polychaeta of Southern Africa. Part 2. Sedentaria*. Published by the Trustees of the British Museum (Natural History), London., 656, pp. 591–678.

Day, J. H. (1973). New Polychaeta from Beaufort, with a Key to all Species Recorded from North Carolina. N.O.A.A. Technical Report N.M.F.S. CIRC, pp. 1–50.

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. (2008). InfoStat, versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, pp.84–144.

Di Rienzo, J. A., Macchiavelli, R. E., & Casanoves, F. (2012). Modelos Lineales Mixtos: aplicaciones en InfoStat, pp. 3.

Dittmann, S. (2000). Zonation of benthic communities in a tropical tidal flat of north-east Australia. *Journal of Sea Research*, 43(2), pp. 33–34.

Fajardo, J. (2013). Influencia de la salinidad en el Santuario los Manglares de Tumbes. En Identificación de servicios ecosistémicos en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, pp. 55–57.

Farrapeira, C. M. R., Ramos, C. A. C., Barbosa, D. F., Marrocos de Melo, A. V. D. O., Pinto, S. D. L., Verçosa, M. M., Oliveira, D.A.S & Francisco, J. A. (2009). Zonación vertical del macrobentos de sustratos sólidos del estuario del río Massangana, Bahía de Suape, Pernambuco, Brasil. *Biota Neotropica*, 9(1), pp. 87–95.

Fauchald, K. (1977). The Polychaete Worms. Definitions and Keys to the Orders, Families and Genera. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series 28, pp.1–120.

Flores, D., Céspedes, L. & Martínez, A. (2013). Identificación de servicios ecosistémicos en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, pp. 65.

García, M. E. (2011). Biodiversidad de poliquetos capitélidos (Annelida : Polychaeta) de las costas mexicanas. *Revista Iberoamericana para La Investigación y el Desarrollo Educativo*, 2(3), pp.1–25.

García, M. E. & De León, J. A. (2011). Review of the Capitellidae (Annelida, Polychaeta) from the Eastern Tropical Pacific region, with notes on selected species. *ZooKeys*, 52(151), pp. 17–52

Gomes, J. D., Abrunhosa, F. A., Jesus, D. De, Simith, D. B. & Asp, N. E. (2013). Mangrove sedimentary characteristics and implications for crab *Ucides cordatus* (Crustacea, Decapoda, Ucididae ) distribution in an estuarine area of the Amazonian region. *Acta Amazonica*, 43(4), pp. 487.

Gutiérrez, J. L., Jones, C. G., Byers, J. E., Arkema, K. K., Berkenbusch, K., Commito, J. A., Duarte, C.M., Hacker, S.D., Lambrinos, J.G., Hendriks, I.E., Hogarth, P.J., Palomo, M.G. & Wild, C. (2011). Physical Ecosystem Engineers and the Functioning of Estuaries and Coasts. In *Treatise on Estuarine and Coastal Science*, 7, pp. 54–56.

Hammer, Ø. (2012). PAST PAleontological STatistics. *Natural History*, pp. 58-108.

Hartmann-Schröder, G. (1959). Zur Ökologie der Polychaeten des Mangrove-Estero-Gebietes von El Salvador. *Beiträge Zur Neotropischen Fauna*, 1, pp. 88–114.

Hernandez, P. & Solis-Weiss, V. (1995). Algunas comunidades macrobénticas asociadas al manglar (*Rhizophora mangle*) en la laguna de Términos, Golfo de México. *Revista Biología Tropical*, 43, pp.122–124.



INRENA. (2007). Plan Maestro del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes 2007 - 2011, pp.10.

Jumars, P. A., Dorgan, K. M. & Lindsay, S. M. (2015). Diet of worms emended: an update of polychaete feeding guilds. *Annual Review of Marine Science*, 7, pp. 497–520.

Jumars, P. & Fauchald, K. (1979). The Diet Of Worms : A Study Of Polychaete Feeding Guilds. *Oceanography and Marine Biology - An Annual Review*, 17, pp.193–284.

Kathiresan, K. & Bingham, L. (2001). Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems. *Advances In Marine Biology*, 40, pp. 82-174.

Kristensen, E. (2008). Mangrove crabs as ecosystem engineers ; with emphasis on sediment processes. *Journal of Sea Research*, 59, pp.31.

Lee, S. Y. (2008). Mangrove macrobenthos : Assemblages , services , and linkages. *Journal of Sea Research*, 59, pp.17.

Legendre, P. & Legendre, L. (1998). Numerical Ecology. *Biomathematics*, 2, pp. 853.

Lucero R., C. H., Cantera K., J. R. & Romero, I. C. (2006). Variability of macrobenthic assemblages under abnormal climatic conditions in a small scale tropical estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68(1–2), pp.17–26.

Macintosh, D. J., Ashton, E. C. & Havanon, S. (2002). Mangrove Rehabilitation and Intertidal Biodiversity: a Study in the Ranong Mangrove Ecosystem, Thailand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55(3), pp. 331–345.

Malca, C. (2005). Ordenamiento de la actividad extractiva de los recursos hidrobiológicos del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes. II Informe. Proyecto “Gestión Participativa de Áreas Naturales Protegidas” – GPAN, pp. 65.

McLeod, E., & Salm, R. V. (2006). Managing Mangroves for Resilience to Climate Change. IUCN, Gland, Switzerland, pp. 6–10.

Mendez, M. (1981). Claves de identificación y distribución de langostinos y camarones (Crustácea: Decápoda) del mar y ríos de la costa del Perú. *Boletín Del Instituto Del Mar Del Perú*, 5, pp. 25–69.

Metcalf, K. N. & Glasby, C. J. (2008). Diversity of Polychaeta (Annelida) and other worm taxa in mangrove habitats of Darwin Harbour, northern Australia. *Journal of Sea Research*, 59(1–2), pp. 70–79.

Morera, S. & Flores, D. (2013). Tasas de erosión actual y eventos El Niño en la Cuenca del Río Puyango-Tumbes y Zarumilla. En *Identificación de servicios ecosistémicos en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes*, pp. 51-52.

Morrissey, D., Swales, A., Dittmann, S., Morrison, M. A, Lovelock, C. E. & Beard, C. M. (2010). The Ecology and Management of Temperate Mangroves. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 48(322), pp. 67.

Nagelkerken, I., Blaber, S. J. M., Bouillon, S., Green, P., Haywood, M., Kirton, L. G., Meynecke, J.-O., Pawlik, J., Penrose, H.M., Sasekumar, A. & Somerfield, P. J. (2008). The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), pp.155–185.

Nordhaus, I. & Wolff, M. (2007). Feeding ecology of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Ocypodidae): food choice, food quality and assimilation efficiency. *Marine Biology*, 151, pp. 1665.

Paixão, J. F., de Oliveira, O. M. C., Dominguez, J. M. L., Almeida, E. D. S., Carvalho, G. C. & Magalhães, W. F. (2011). Integrated assessment of mangrove sediments in the Camamu Bay (Bahia, Brazil). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(3), pp. 1–13.

Penagos, F. (2013). Guía ilustrada Moluscos marinos gasterópodos y lamelibranquios de la costa de Chiapas, México. Universidad De Ciencias Y Artes De Chiapas. Colección Jaguar.UNICACH. 1era Edición., pp.30–50.

Peña, M. (1970). Biocenosis de los Manglares Peruanos. Separata de La Revista Anales Científicos, IX, pp.39–45.

Pérez, A. (2014). Influencia del régimen hídrico y de las condiciones geoquímicas sobre la comunidad y el flujo energético del meiobentos metazoario de los sedimentos intermareales y submareales de los Manglares de Tumbes. Tesis para optar al grado de Mg. Sc. Universidad P, pp.1–33.

Poma, C. (1996). Estado actual de la pesquería del “Cangrejo de los manglares” *Ucides occidentalis* (ORTMANN, 1897) en la Sub-Región Tumbes. Universidad Nacional de Tumbes. Perú., pp. 1–2.

Rivera, C. G. (2010). Capítulo IV Caracterización de la Comunidad Macro bentónica. En El ecosistema de manglar de la bahía de Jiquilisco: Sector Occidental, pp. 102–124.

Rouse, G. W. & Pleijel, F. (2007). Annelida. Zootaxa, 1668, pp. 245–264.

Ruppert, E. & Barnes, R. D. (1996). Zoología de los Invertebrados.

Saravanakumar, A., Sesh Serebiah, J., Thivakaran, G. & Rajkumar, M. (2007). Benthic macrofaunal assemblage in the arid zone mangroves of gulf of Kachchh-Gujarat. Journal of Ocean University of China, 6(3), pp.305–306.

Shannon, C. E. & Weaver, W. (1949). The Mathematical Theory of Communication. Urbana, University of Illinois Press, pp.159.

Silva, M. (2013). Informe técnico de identificación de fuentes de contaminantes en el ámbito de la ALA TUMBES. *Autoridad Nacional Del Agua.*, pp.33

Sunil Kumar, R. (2002). Biomass, horizontal zonation and vertical stratification of polychaete fauna in the littoral sediment of Cochin estuarine mangrove habitat, south west coast of India. Indian Journal of Marine Sciences, 31, pp.100–107.

Takahashi, K. & Martínez, A. (2015). Informe técnico final del proyecto: “Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes , Perú,” pp. 43–44.

Tazan, G. & Wolf, B. (2000). El cangrejo rojo *Ucides occidentalis* (ORTMAN) en la Reserva Ecológica Manglares Churute. Comisión Técnica para el desarrollo de la cuenca del río Guayas. Fundacion Natura, pp.1–2.

Thiel, M. & Norenburg, J. (2009). Nemertea-Gusanos Cintiformes. En Fauna marina bentónica de la Patagonia Chilena: guía de identificación ilustrada, pp. 370–380.

Valle, A., Osorno-Aranga, A. & Gil-Agudelo, D. (2011). Estructura y regeneración del bosque de manglar de la Ciénaga De Cholón , Isla Barú , Parque Nacional Natural Corales Del Rosario. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 40(1), pp. 116.

## X. ANEXOS

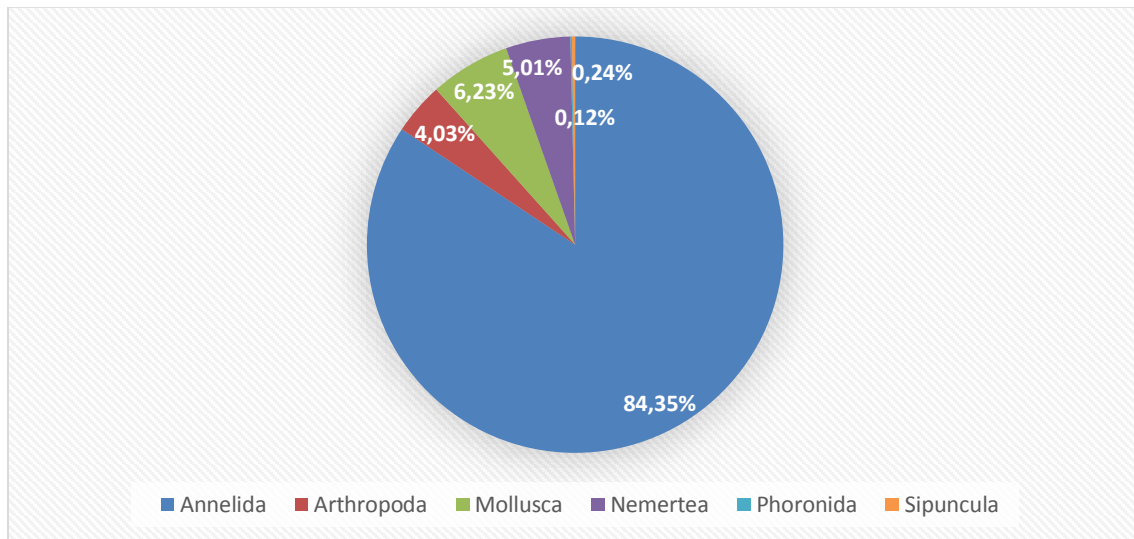
### Anexo 1. Lista de Especies

Arthropoda		Corral de Coches	La Envidia
<b>Crustacea</b>			
<b>Decapoda</b>			
	Fam. Alpheidae- <i>Alpheus</i> sp.	x	x
	Fam. Panopeidae - <i>Panopeus</i> sp.		x
	Fam. Penaeidae- sp1	x	
	Fam. Penaeidae -sp2	x	
	Fam. Penaeidae -sp3	x	
	Fam. Pinnotheridae - <i>Pinnixa valerii</i>		x
	Fam. Talitridae-sp1	x	x
<b>Hexapoda</b>			
	Fam. Blattidae		x
	Fam. Cerambicydae		x
	Fam. Dolichopodidae	x	
	Insecta indeterminado		x
	Fam. Psychodidae	x	x
<b>Mollusca</b>			
<b>Bivalvia</b>			
	Fam. Mytilidae - <i>Mytella guyanensis</i>	x	x
	Fam. Corbulidae - <i>Corbula nasuta</i>	x	
	Fam. Myidae <i>Sphenia fragilis</i>	x	x
	Fam. Solecurtidae - <i>Tagelus</i> sp.	x	x
	Fam. Arcidae <i>Anadara tuberculosa</i>	x	x
	Fam. Arcidae sp1		x
	Fam. Arcidae sp 2	x	x
	Fam. Mytilidae- <i>Mytella</i> sp.	x	x
<b>Gastropoda</b>		x	
	Fam. Potamididae- <i>Cerithidea</i> sp.	x	
	Fam Ellobiidae - <i>Detracia</i> sp.2	x	
	Fam. Potamididae- sp1		x
<b>Annelida</b>			
<b>Ampharetidae</b>		x	x
	<i>Isolda pulchella</i>	x	x
<b>Capitellidae</b>		x	x
	<i>Capitella capitata</i>	x	x
	<i>Capitella</i> sp.	x	
	<i>Heteromastus filiformis</i>	x	x
	<i>Mediomastus</i> sp.	x	x
	<i>Notomastus hemipodus</i>	x	x
	<i>Notomastus lineatus</i>	x	
<b>Cirratulidae</b>		x	x
	<i>Chaetozone</i> sp1	x	x
	<i>Tharyx</i> sp	x	x
<b>Dorvilleridae</b>		x	
	<i>Schistomeringos annulata</i>	x	
<b>Hesionidae</b>		x	x
	<i>Oxydromus</i> sp		x

	<i>Podarkeopsis brevipalpa</i>	x	
	<i>Podarkeopsis</i> sp	x	
<b>Lumbrineridae</b>		x	x
	<i>Scoletoma</i> sp	x	x
<b>Maldanidae</b>		x	
	<i>Axiiothella rubrocincta</i>	x	
<b>Nereididae</b>		x	x
	<i>Neanthes</i> sp1	x	x
	<i>Neanthes</i> sp10		x
	<i>Neanthes</i> sp9	x	x
	<i>Nereis</i> cf. <i>oligoalina</i>		x
	<i>Perinereis</i> cf. <i>rookeri</i>	x	
	<i>Perinereis nuntia</i>	x	x
	<i>Rullierinereis</i> sp.	x	x
<b>Orbiniidae</b>		x	
	<i>Leitoscoloplos foliosus</i>	x	
<b>Oweniidae</b>			x
	<i>Owenia collaris</i>		x
<b>Pectinariae</b>			
	<i>Pectinaria chilensis</i>	x	x
<b>Phyllodocidae</b>		x	
	<i>Phyllodoce</i> 1	x	
<b>Pilargidae</b>		x	x
	<i>Hermundura fauveli</i>		x
	<i>Sigambra tentaculata</i>	x	
	<i>Synelmis albin</i>		x
<b>Polynoidae</b>		x	x
	<i>Lepidonotidae</i> 2	x	
	<i>Lepidonotidae</i> A		x
	<i>Lepidonotus crosslandi</i>	x	x
<b>Sabellidae</b>			x
	<i>Aracia</i> sp		x
	<i>Sabellidae</i> 1		x
<b>Spionidae</b>		x	x
	<i>Dipolydora socialis</i>	x	x
	<i>Dipolydora</i> sp	x	x
	<i>Polydora</i> sp.		x
	<i>Prionospio multibranchiata</i>	x	x
	<i>Prionospio</i> sp	x	x
<b>Syllidae</b>		x	x
	<i>Branchiosyllis exilis</i>	x	
	<i>Syllis</i> sp	x	x
<b>Terebellidae</b>		x	x
	<i>Lanice</i> sp	x	x
	<i>Polycirrus</i> sp	x	
<b>Nemertea</b>			
	Nemertea 1	x	x
	Nemertea 2	x	x
	Nemertea 3	x	x
	Nemertea 4	x	x
	Nemertea 5		x

## Anexo 2. Abundancia y porcentajes en las phyla en el biotopo del cangrejo del manglar

Phylum	Abundancia
Annelida	690
Arthropoda	33
Mollusca	51
Nemertea	41
Phoronida	1
Sipuncula	2



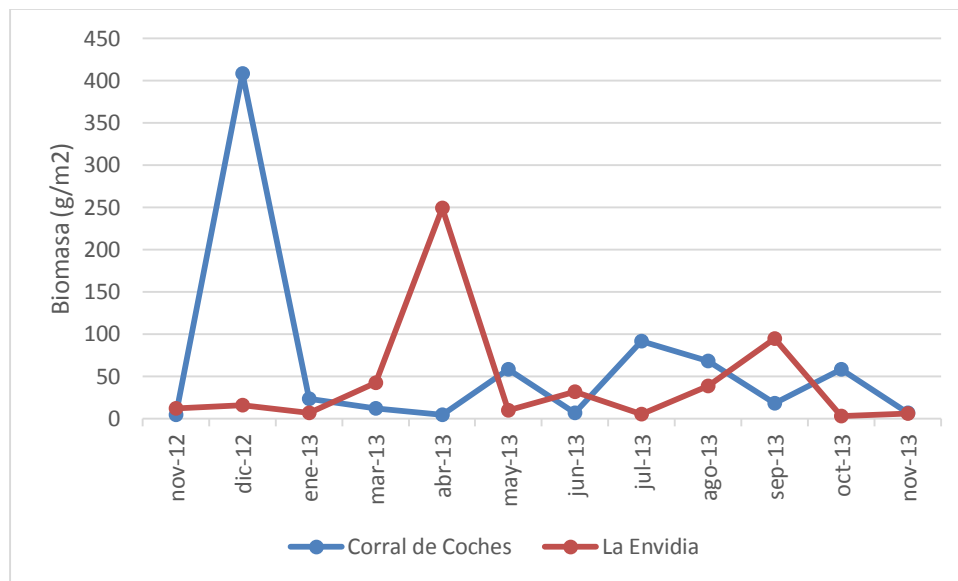
## Anexo 3. Precipitación mensual Promedio (mm) y Temperatura. Estación el Salto

Fecha	Precipitación (mm)	Temperatura °C
nov-12	0,000	25.95
dic-12	0,000	27,08
ene-13	0,690	28,32
feb-13	0,935	28,48
mar-13	3,642	28,33
abr-13	2,145	27,99
may-13	0,113	26,24
jun-13	0,013	24,92
jul-13	0,000	23,82
ago-13	0,000	24,19
sep-13	0,006	24,27
oct-13	0,213	24.46
nov-13	0,000	24,92

Fuente: SENHAMI



**Anexo 4. Variación de la densidad de la biomasa (g/m<sup>2</sup>) en las dos estaciones de muestreo durante todo el período de evaluación**



**Anexo 5. Prueba SIMPER para Corral de Coches**

Taxon	Promedio Disimilitud	Contribución %	Acumulado %	Promedio LLUVIA	Promedio SECA
<i>Mediomastus</i> sp.	7.18	10.87	10.87	6.33	8.75
<i>Capitella capitata</i>	5.358	8.114	18.99	4.33	0.5
<i>Perinereis nuntia</i>	4.727	7.158	26.15	2.33	5.75
<i>Heteromastus filiformis</i>	4.481	6.786	32.93	4.33	4.75
<i>Rullierinereis</i> sp.	3.567	5.401	38.33	3	0.5
<i>Prionospio multibranchiata</i>	3.055	4.626	42.96	1	2.75
<i>Schistomeringos annulata</i>	2.799	4.239	47.2	2.33	0
<i>Alpheus</i> sp.	2.426	3.674	50.87	2	0
<i>Dipolydora</i> sp.	2.118	3.207	54.08	0	1.5
<i>Dipolydora socialis</i>	1.871	2.833	56.91	1.33	0
<i>Oligochaeta</i>	1.761	2.667	59.58	0	1.25
<i>Nemertea 2</i>	1.649	2.497	62.08	1.33	0
<i>Sphenia fragilis</i>	1.645	2.492	64.57	0	1.25
<i>Chaetozone</i> sp1	1.637	2.479	67.05	0.667	1.25
<i>Neanthes</i> sp1	1.596	2.417	69.46	1.33	0
<i>Notomastus lineatus</i>	1.377	2.085	71.55	0	1
<i>Notomastus hemipodus</i>	1.363	2.064	73.61	0.667	1
<i>Podarkeopsis brevipalpa</i>	1.328	2.01	75.62	0.333	1
<i>Psychodidae</i>	1.276	1.932	77.56	1	0
<i>Leitoscoloplos foliosus</i>	1.129	1.71	79.27	0.333	1
<i>Scoletoma</i> sp.	1.112	1.684	80.95	1	0.25
<i>Mytella guyanensis</i>	1.059	1.604	82.55	0	0.75
<i>Nemertea 3</i>	1.043	1.579	84.13	0	0.75

Nemertea 1	0.9846	1.491	85.62	0.333	0.75
<i>Lepidonotus crosslandi</i>	0.9353	1.416	87.04	0.667	0
<i>Syllis</i> sp.	0.7455	1.129	88.17	0.667	0
<i>Capitella</i> sp.	0.7455	1.129	89.3	0.667	0
Familia Arcidae <i>sp2</i>	0.7354	1.114	90.41	0	0.5